

УДК 541.64:543.943.5

## ОЗОНОСТОЙКОСТЬ ВУЛКАНИЗАТОВ СМЕСЕЙ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ С ПОЛИВИНИЛХЛОРИДОМ

© 2000 г. Н. М. Ливанова, А. А. Попов, С. Г. Карпова,  
Т. А. Богаевская, М. П. Фармаковская

Институт биохимической физики Российской академии наук  
117977 Москва, ул. Косыгина, 4

Поступила в редакцию 25.02.1999 г.  
Принята в печать 19.01.2000 г.

Рассмотрена взаимосвязь между структурой и озонастойкостью вулканизатов смесей бутадиен-нитрильных каучуков (СКН-18, СКН-26, СКН-40) с ПВХ (состав 70 : 30). Использовали ПВХ, полученный методами эмульсионной или сусpenзионной полимеризации. Методом релаксации напряжений, ЭПР- и ИК-спектроскопии исследовали гомогенность смесей, структуру переходного слоя и озонастойкость вулканизаторов смесей, полученных высокотемпературным и низкотемпературным смешением с последующим термостатированием. Рассмотрен механизм озонозащитного действия термопласта в смесях с СКН при различной степени гомогенности.

Для повышения озонастойкости вулканизатов непредельных каучуков их смешивают с насыщенными полимерами. К таким системам относятся смеси бутадиен-нитрильных каучуков (БНК) с ПВХ. Ранее установлено [1–4], что условиями достижения высокой озонастойкости являются достаточная степень гомогенизации смеси и образование непрерывного пространственного каркаса озонастойкого компонента при содержании его в смеси 30%. Однако механизм озонозащитного действия ПВХ в смесях с БНК долгое время остается дискуссионным [1–3].

Окисление начинается с поверхности. В глубь образца озон может проникнуть только по полостям, порам, пустотам, трещинам, так как скорость диффузии озона в полимере очень мала [5]. Авторы работ [3, 6, 7] связывали повышение озонастойкости смесей БНК с ПВХ и других систем с обогащением поверхности вулканизата озонастойким компонентом. В то же время в работе [2] методом электронной микроскопии установлено, что ПВХ не может препятствовать образованию на поверхности вулканизата смеси первичных озонаных микротрещин. Очевидно, должен существовать иной механизм торможения озонаной деструкции непредельного каучука в смеси с ПВХ. Этот механизм связан с фазовой структурой смеси и морфологическими особенностями областей контакта компонентов. В работе [4] показана

связь между озонозащитным действием термопласта и структурой переходного слоя [8, 9]. Защитное действие ПВХ объяснено прекращением роста и слияния озонаных микротрещин в области переходного слоя. С повышением температуры и деформации защитный эффект снижается вследствие размораживания сегментальной подвижности ПВХ [4]. Это объяснено микрорасслоением компонентов растянутого образца по наименее прочным структурным элементам – переходным слоям. В результате микротрещина прорастает по эластомерной матрице в обход включений насыщенного полимера.

Высокая энергия адгезии фаз при условии совместимости компонентов обеспечивает переходным слоям прочность и придает вулканизатам стойкость против озонаного растрескивания.

Цель настоящей работы – выявление связи морфологии областей контакта компонентов при различной их совместимости с озонастойкостью вулканизатов и уточнение механизма озонозащитного действия термопласта в системах различной степени гомогенности.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования служили вулканизаты смесей СКН-18, СКН-26 и СКН-40 с ПВХ. Использовали ПВХ, полученный эмульсионной или

сuspензионной полимеризацией (соответственно ПВХ-Э и ПВХ-С) и каучуки Paracril BJ фирмы "Uniroyal" (США) с содержанием акрилонитрильных звеньев 28% (серия I), СКН-26 (серия II) и СКН-26М (серия III). Соотношение компонентов в смеси 70 : 30. Каучук Paracril BJ характеризуется вязкостью по Муни  $50 \pm 7$  при  $118^{\circ}\text{C}$ . СКН-26 и СКН-26М имели  $M_n = (1-3) \times 10^5$ , вязкость по Муни СКН-26 выше 70, СКН-26М – 55, жесткость по Дефо 20 и около 10 Н соответственно. Использовали ПВХ-Э марки ПВХ-Е-6250-Ж с  $M_n = (7.0-7.5) \times 10^4$ , ПВХ-С марки PVC VISTA 5305 (США) (серия I) – гомополимер GAS 980-Z-86-2 с характеристической вязкостью 0.72 и ПВХ-С марки C-7058М (серии II и III) с  $M_n = 6.4 \times 10^4$ ,  $M_w = 2 \times 10^5$  с удельной вязкостью в ДХ 1.31.

Смешение СКН-26 и СКН-40 с ПВХ-Э проводили как описано в работе [4] при  $40^{\circ}\text{C}$  с последующим термостатированием при 120, 140 и  $160^{\circ}\text{C}$  (серия А). Аналогичным способом получали смеси БНК с ПВХ-С в серии Б. Высокотемпературное смешение БНК с содержанием нитрила акриловой кислоты (НАК) 26–28% совместно с ПВХ-С осуществляли в резиносмесителе при  $170^{\circ}\text{C}$  в течение 8 мин при частоте вращения ротора 60 об/мин (серия В) в присутствии термостабилизатора – эпоксидированного соевого масла Paraplex G-62 в количестве 3 мас. ч. при использовании сырья фирмы "Uniroyal" (серия I) или эпоксидной смолы ЭД-20 (2 мас. ч.) для отечественных материалов (СКН-26 – серия II, СКН-26М – серия III). Для сравнения один образец СКН-26 с ПВХ смешали при частоте 30 об/мин. Смешение с вулканизующей системой проводили по стандартной технологии на вальцах при  $40^{\circ}\text{C}$  в течение 20 мин, а вулканизацию – при  $165^{\circ}\text{C}$  в течение 20 мин. Состав вулканизующей системы для серии А и серий Б и В соответственно: тиурам 1.2 и 1.4; сульфенамид Ц 1.2 и 1.4; стеариновая кислота 0.6 и 0.7; оксид цинка 3.0 и 3.5; стеарат кальция 2.0 и 0 мас. ч.

Структуру и озонастойкость вулканизатов исследовали, определяя скорость релаксации в воздушной  $v_{\phi}$  (физическая релаксация) и озона-воздушной  $v$  среде при концентрации озона  $10^{-5}$  моль/л на релаксометре ИХФ-2 [4, 10].

Температурные зависимости скорости релаксации измеряли при деформации образца 30% в диапазоне 303–363 К. Эта деформация близка к критической величине, при которой наблюдается максимальная скорость озонной деструкции каучука [5, 11]. Деформационные зависимости скорости релаксации напряжений определяли при 303 К. Использовали образцы в виде пластин толщиной 0.2–0.4 мм. Возможная ошибка в измере-

нии скорости релаксации составляла  $\pm 10\%$ . При расчете скорости релаксации брали среднее значение из пяти измерений.

С помощью метода ИК-спектроскопии определяли содержание нитрильных групп в вулканизатах по интенсивности полосы  $2237 \text{ cm}^{-1}$  на спектрофотометре "Specord M-80".

Молекулярную динамику в смесевых композициях исследовали методом ЭПР с помощью спиновых зондов: 2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-оксил (радикал 1) и 4-бензоат-2,2,6,6-тетраметилпиперидин-1-оксил (радикал 2). Радикал 1 вводили в готовые образцы из паров в течение 1–2 сут при комнатной температуре с последующей выдержкой 1–2 нед. Радикал 2 вводили в вулканизаты из раствора в ацетоне с последующей откачкой растворителя при  $100^{\circ}\text{C}$ . Концентрация радикала составляла  $10^{-4}$  моль/л. Спектры ЭПР в трехсантиметровом диапазоне регистрировали на радиоспектрометре ЭПР-В. Вращательную подвижность нитроксильного радикала в таких гетеросистемах характеризовали временем корреляции.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Совместимость БНК с ПВХ зависит от содержания в каучуке полярных акрилонитрильных звеньев. Каучуки с 26% и 40%-ным содержанием НАК (СКН-26 и СКН-40 соответственно) совместимы с ПВХ. При меньшем содержании НАК в СКН-18 (18%) каучук становится ограниченно совместимым с ПВХ, и такие смеси имеют очень низкую озонастойкость [1–4]. Озонозащитное действие термопласта зависит от степени гомогенизации смеси [1–4, 6, 7].

Гомогенность смесей бутадиен-нитрильных каучуков с ПВХ зависит от метода получения термопласта и резко падает при переходе от ПВХ-Э к ПВХ-С. Это объясняется различием размера частиц ПВХ, их структуры, плотности, состава и количества примесей [12, 13]. Гомогенную смесь БНК с ПВХ-С получали методом высокотемпературного смешения полимерных компонентов на резиносмесителе [14].

Совместимость БНК с ПВХ и фазовую структуру смесей исследовали различными методами [15–20]. В работах [17, 19] на температурной зависимости тангенса угла механических потерь в смесях СКН различной полярности с ПВХ проявляются максимумы, связанные с процессами механического стеклования каучука и пластика и промежуточный максимум, отвечающий  $\Psi$ -про-

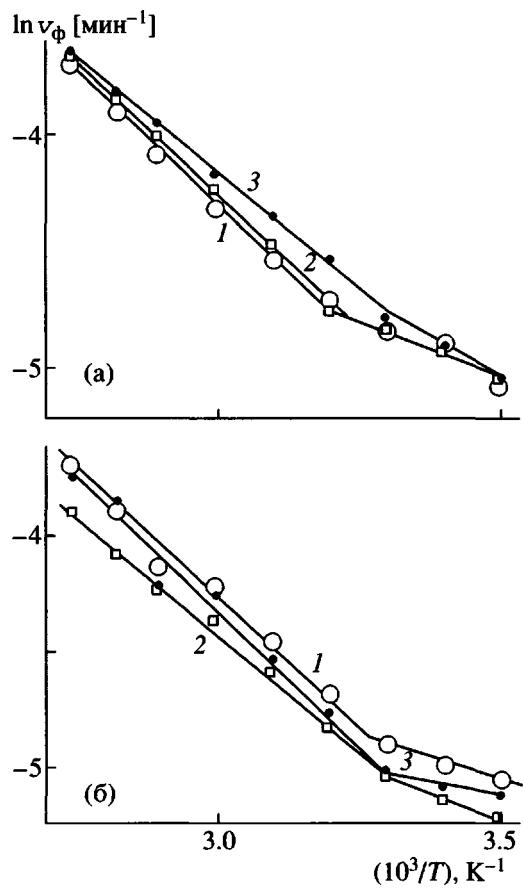


Рис. 1. Температурные зависимости скорости физической релаксации напряжений при 30°C в вулканизатах СКН-26-ПВХ (а) и СКН-40-ПВХ (б) состава 70 : 30, полученных с термостатированием смеси при 120 (1), 140 (2) и 160°C (3) (серия А).  $\epsilon = 30\%$ .

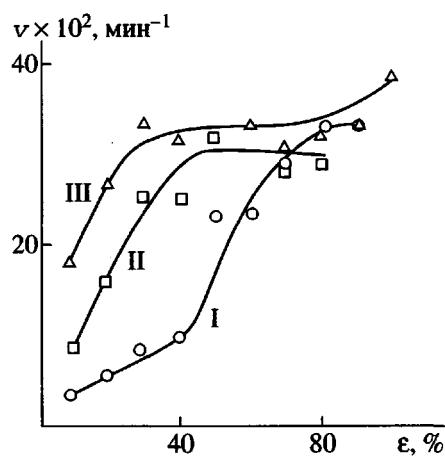


Рис. 2. Деформационная зависимость скорости релаксации в озоносодержащей среде вулканизатов БНК различных марок (серии I, II, III) с ПВХ-С состава 70 : 30, полученных термостатированием смеси при 120°C (серия Б).  $T = 30^\circ\text{C}$ .

цессу – реализации подвижности сегментов макромолекул в переходном слое [21, 22].

Смещение температуры  $\psi$ -перехода происходит не только при изменении термодинамической совместимости компонентов [4], но и с ростом температуры термообработки смесей СКН-26 и СКН-40 с ПВХ-Э (рис. 1, серия А). Для наиболее совместимой системы с использованием СКН-40 (рис. 1б) и ограниченно совместимой на основе СКН-18 (рис. 3б [4]) этот эффект выражен слабее. Для СКН-26 (рис. 1а) максимальные значения температуры  $\psi$ -перехода и энергии активации и, следовательно, плотность переходного слоя наблюдается при температуре термостатирования 120°C. Эти условия получения смесей оптимальны для данной системы. При более высокой температуре (особенно при 160°C) происходит выделение HCl из ПВХ и термовулканизация БНК. В результате увеличивается жесткость смеси и уменьшается равномерность распределения компонентов при последующем введении вулканизующей системы и результирующая степень гомогенизации. Отсутствие других переходов указывает на высокую гомогенность (однофазность) смесей.

Замена ПВХ-Э на ПВХ-С приводит к резкому увеличению гетерогенности структуры, и падению озоностойкости вулканизатов, полученных термостатированием при 120°C (серия Б). На рис. 2 приведена зависимость скорости релаксации напряжений в озоносодержащей среде  $v$  от величины деформации при 30°C. Резкое падение озоностойкости в этом случае свидетельствует о низкой энергии адгезии фаз и легкости межфазного расслоения. При этом следует отметить более высокую озоностойкость вулканизатов, полученных на сырье фирмы "Uniroyal", по сравнению с вулканизатами из отечественного сырья. Первые имеют низкую скорость релаксации в озоносодержащей среде до деформации 40%, в то время как вторые не выдерживают самых малых деформаций растяжения.

Высокотемпературное смещение БНК, содержащего 26–28% НАК, с ПВХ-С (серия В) позволяет получить особо озоностойкие вулканизаты. На температурных зависимостях скорости релаксации напряжений этих образцов в озонной среде (рис. 3)  $\psi$ -переход вырождается (для сравнения приведена также кривая для СКН-26 с ПВХ-Э низкотемпературного смещения с термостатированием при 120°C серии А). Вырождение  $\Psi$ -перехода можно трактовать как следствие более высокой степени гомогенизации смеси при высокотемпературном смещении. По-видимому, в серии В поливинилхлорид диспергирован в основном на молекулярном уровне или в виде небольших ассо-

циатов молекул. Суммарный объем переходного слоя невелик и проявление его свойств в такой макрохарактеристике материала, как скорость релаксации напряжений, незначительно. Высокая озонастойкость этих систем подтверждается исследованием деформационной зависимости скорости физической релаксации напряжений и скорости релаксации в озоне (рис. 4). Релаксация в обоих средах протекает практически по одному и тому же механизму.

Механизм озоназащитного действия ПВХ в высокогомогенизированной системе, по-видимому, несколько отличается от описанного выше. При перемешивании, близком к молекулярному, равномерность распределения термопласта в эластомерной матрице значительно выше. Матрица оказывается более или менее регулярно заполнена тяжами макромолекул ПВХ. Это препятствует раскрытию субмикротрещин и затрудняет проникновение озона вглубь образца.

Различие структуры вулканизатов серий Б и В проявляется и в их физико-механических свойствах. Для плохо гомогенизированных вулканизатов серии Б со слабо развитым рыхлым переходным слоем характерна низкая прочность (не выше 7.7 МПа), в то время как механическая прочность хорошо гомогенизированных образцов серии В оказывается в 2.5–7 раз выше (17–24 МПа). У наиболее озонастойких образцов серии Б (рис. 2) наибольшая прочность: 7.7 МПа для серии I и 2.6 и 3.6 МПа для серий II и III соответственно. В гетерогенной смеси оба показателя связаны с прочностью переходного слоя.

Замена СКН-26 на не совместимый с поливинилхлоридом СКН-18 в серии В приводит к катастрофическому снижению озонастойкости вулканизатов (разрушение образцов происходит в течение 3–5 мин). Следовательно, принудительное высокотемпературное смешение термодинамически несовместимых компонентов не может привести к получению озонастойких систем. Это обусловлено морфологическими особенностями контактных областей.

Структура областей контакта компонентов может быть двух типов [23]. Можно предположить, что высокой озонастойкостью обладают лишь те пары эластомер – полимер, в которых возникают структуры с двухкомпонентной переходной областью и сегментальной растворимостью компонентов в этой области. В работе [14] методом ИК-фурье-спектроскопии установлено, что атомы хлора в ПВХ и азота в СКН участвуют в диполь-дипольном взаимодействии; кроме того, между ПВХ и СКН образуются водородные свя-

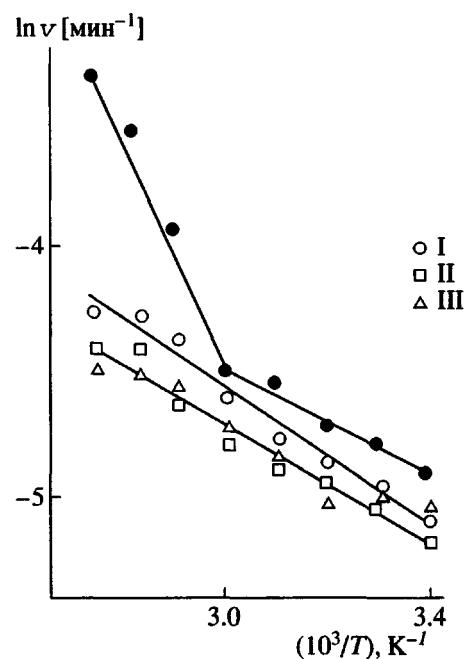


Рис. 3. Температурная зависимость скорости релаксации в озонасодержащей среде вулканизатов БНК (серии I, II, III) с ПВХ-С состава 70 : 30, полученных высокотемпературным смешением (170°C, 8 мин) (серия В).  $\epsilon = 30\%$ . Пояснения в тексте.

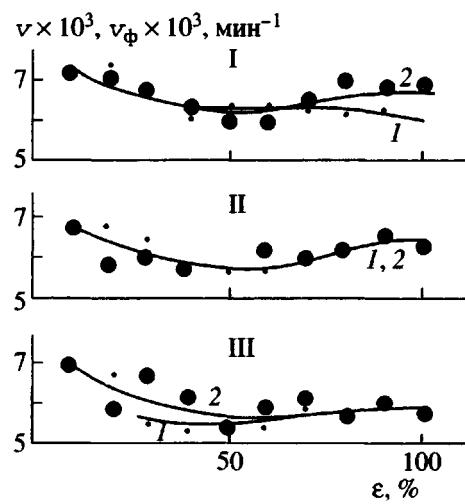


Рис. 4. Деформационная зависимость скорости физической релаксации (1) и релаксации в озоне (2) при 30°C вулканизатов БНК серий I, II, и III с ПВХ-С состава 70 : 30, полученных высокотемпературным смешением при 170°C (серия В).

зи, что в совокупности обуславливает совместимость полимеров. Морфология граничных областей, по-видимому, резко изменяется, если уменьшается содержание НАК в каучуке.

Оптическая плотность полосы  $2237 \text{ см}^{-1}$  (в пересчете на содержание НАК) в вулканизатах на основе различных марок СКН с использованием ПВХ-Э и ПВХ-С

| Образец, № | Каучук | ПВХ   | Способ смешения | $D_{2237}$ |
|------------|--------|-------|-----------------|------------|
| 1          | СКН-18 | —     | —               | 0.12       |
| 2          | »      | ПВХ-Э | Т               | 0.16       |
| 3          | »      | ПВХ-С | ВТ              | 0.15       |
| 4          | СКН-26 | —     | —               | 0.05       |
| 5          | »      | ПВХ-Э | Т               | 0.06       |
| 6          | »      | ПВХ-С | ВТ              | 0.15       |
| 7          | »      | »     | ВТ*             | 0.09       |
| 8          | СКН-40 | —     | —               | 0.06       |
| 9          | »      | ПВХ-Э | Т               | 0.14       |

Примечание. Т – низкотемпературное с термостатированием, ВТ – высокотемпературное.

\* Вулканизаты получены при скорости вращения ротора резиносмесителя 30 об/мин (все остальные – 60 об/мин).

Эти рассуждения подтверждаются анализом данных ИК-спектроскопии по содержанию нитрильных групп  $C\equiv N$  в расчете на 1% содержания НАК в вулканизатах различного состава и раз-

личной степени гомогенности (таблица). В двухфазных системах (вулканизаты на основе СКН-18) и недостаточно хорошо гомогенизированных смесях СКН-26 (образцы 5 и 7) содержание нитрильных групп в индивидуальном каучуке и в смеси с ПВХ близко. При высокой гомогенности смеси (образцы 6 и 9), когда ПВХ диспергирован до близкого к молекулярному состоянию, содержание групп  $C\equiv N$  в смеси выше, чем в индивидуальном каучуке. Это можно объяснить изменением ближайшего окружения макроцепей каучуках. Содержание нитрильных групп зависит от направления и интенсивности химических взаимодействий активных групп в каучуке и термопласте.

Химические реакции БНК сопровождаются переходом групп  $C\equiv N$  (полоса  $2237 \text{ см}^{-1}$ ) в группу  $C=N$  (полоса в области  $1640 \text{ см}^{-1}$ ). В каучуке при термическом воздействии происходит термовулканизация [25, 26]. При  $170\text{--}175^\circ\text{C}$  в процессе пластикации СКН с ПВХ образуются привитые сополимеры вследствие химического взаимодействия активных групп каучука и термопласта [27–29]. По-видимому, интенсивность взаимодействия нитрильных групп каучука между собой выше, чем с атомами хлора в ПВХ. Это подтверждают известные сведения о скорости термовулканизации БНК [25]. Увеличение содержания групп  $C\equiv N$  в высокогомогенизированных смесях означает снижение интенсивности взаимодействия этих групп друг

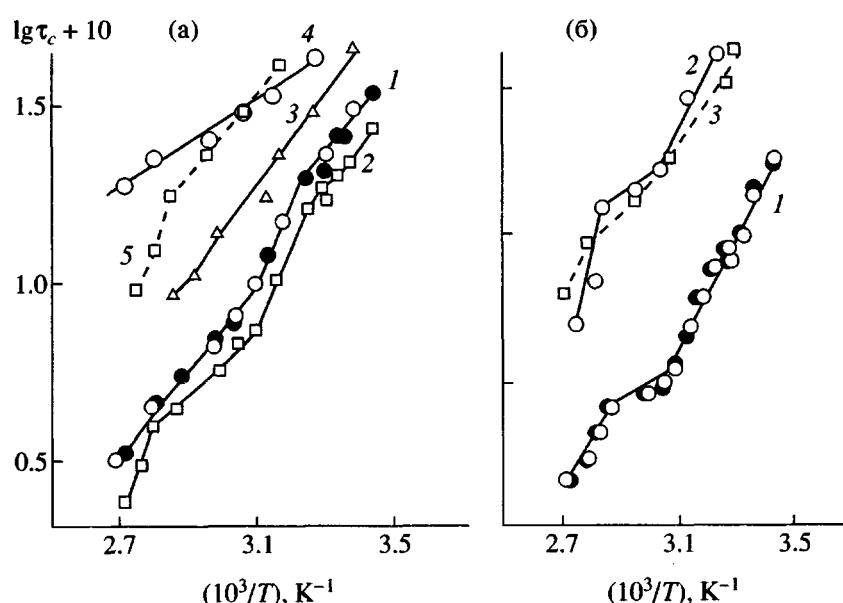


Рис. 5. Температурная зависимость времени корреляции нитроксильных радикалов 1 и 2 в вулканизатах СКН-26 (а) и СКН-18 (б) с ПВХ-Э и ПВХ-С. а: 1 – радикал 1, ПВХ-Э (светлые точки) и ПВХ-С (60 об/мин, темные точки); 2 – радикал 1, ПВХ-С (30 об/мин); 3 – радикал 2, ПВХ-Э; 4, 5 – радикал 2, ПВХ-С (60 и 30 об/мин соответственно); б: 1 – радикал 1, ПВХ-Э (светлые точки) и ПВХ-С (60 об/мин, темные точки); 2 – радикал 2, ПВХ-Э; 3 – радикал 2, ПВХ-С (60 об/мин).

с другом вследствие пространственного разделения их включениями ПВХ. Из таблицы следует, что в смесях СКН-18 с ПВХ, полученных двумя способами, структура граничных областей одинакова и определяется весьма ограниченной совместимостью компонентов.

Описанные выше представления о структуре смесей различной гомогенности подтверждаются также исследованием вращательной подвижности нитроксильных радикалов 1 и 2 в зависимости от температуры (рис. 5). Время корреляции обоих радикалов в смесях на основе СКН-18 меньше в сравнении с СКН-26, что обусловлено более высокой жесткостью матрицы в последних.

На температурных зависимостях  $\tau_c$  для радикала ТЕМПО (рис. 5), наблюдаются изломы, соответствующие релаксационным переходам в переходном слое (30–35°C), в мелких (50–60°C) и в крупных (80°C) элементах пространственной сетки ПВХ. Следовательно, радикал ТЕМПО сорбируется в достаточно большом количестве в наиболее подвижных областях этих элементов структуры. По наличию излома можно судить о структуре смеси и размере гомогенных участков каркаса полярного компонента. Так, в смесях на основе СКН-18 при любом способе совмещения компонентов гетерогенность настолько велика, что ПВХ находится в виде не только мелких, но и крупных образований, обладающих свойствами макрофазы (переход в области стеклования блочного ПВХ при 80°C). Этот переход наблюдается также и в гетерогенной смеси СКН-26: ПВХ, полученной высокотемпературным смещением при низкой скорости вращения ротора резиносмесителя (30 об/мин, таблица, образец 7). Последнее свидетельствует о высокой полидисперсности и наличии грубодисперсных частиц термопласта. Эти вулканизаты характеризуются очень низкой озонастойкостью. Напротив, высокогомогенные и озонастойкие смеси не имеют изломов в указанной области температур, что можно истолковать как высокую степень диспергирования ПВХ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамедов Ш.М., Ядреев Ф.И., Ривин Э.М. // Бутадиеннитрильные каучуки и резины на их основе. Баку: Элм, 1991.
2. Затеев В.С. Дис. ... канд. хим. наук. Волгоград: Волгоградский политехн. ин-т, 1972.
3. Ханин С.Е. Дис. ... канд. хим. наук. М.: НИИШП, 1984.
4. Крисюк Б.Э., Попов А.А., Ливанова Н.М., Фармаковская М.П. // Высокомолек. соед. А. 1999. Т. 41. № 1. С. 102.
5. Зуев Ю.С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред. М.: Химия, 1972.
6. Малошук Ю.С., Кулезнев В.Н., Ханин С.Е. // Коллоид. журн. 1973. Т. 35. № 2. С. 408.
7. Ханин С.Е., Ангерт Л.Г., Кулезнев В.Н., Шашков А.С. // Каучук и резина. 1974. № 1. С. 30.
8. Анциферова Л.И., Валова Е.В. // Хим. физика. 1994. Т. 13. № 6. С. 89.
9. Анциферова Л.И., Валова Е.В. // Высокомолек. соед. А. 1996. Т. 38. № 11. С. 1851.
10. Попов А.А., Парфенов В.М., Крашенинникова Г.А., Заиков Г.Е. // Высокомолек. соед. А. 1988. Т. 30. № 3. С. 656.
11. Попов А.А., Рапорт П.Я., Заиков Г.Е. Окисление ориентированных и напряженных полимеров. М.: Химия, 1987.
12. Получение и свойства поливинилхлорида / Под ред. Зильбермана Е.Н. М.: Химия, 1968.
13. Штаркман Б.П. Пластификация поливинилхлорида. М.: Химия, 1975.
14. Попов А.А., Ливанова Н.М., Богаевская Т.А., Фармаковская М.П. // Пат. 95109654/09 Россия. 1996.
15. Оганесов Ю.Г., Осипчик В.С., Миндияров Х.Г., Раевский В.Г., Воюцкий С.С. // Высокомолек. соед. А. 1969. Т. 11. № 4. С. 896.
16. Оганесов Ю.Г., Кулезнев В.Н., Воюцкий С.С. // Высокомолек. соед. Б. 1970. Т. 12. № 9. С. 691.
17. Айвазов А.Б., Миндияров Х.Г., Зеленев Ю.В., Оганесов Ю.Г., Раевский В.Т. // Высокомолек. соед. Б. 1970. Т. 12. № 1. С. 10.
18. Киселева Р.С., Миндияров Х.Г., Ионкин В.С., Губанов Э.Ф., Ушакова Г.Г., Голикова Ф.А., Зеленев Ю.В., Воскресенский В.А. // Высокомолек. соед. А. 1972. Т. 14. № 9. С. 2078.
19. Тхакахов Р.Б., Айвазов А.Б., Динзбург Б.Н., Зеленев Ю.В. // Высокомолек. соед. Б. 1980. Т. 22. № 11. С. 843.
20. Перепечко И.И., Трепелкова Л.И., Бодрова Л.А., Бунина Л.О. // Высокомолек. соед. Б. 1968. Т. 10. № 7. С. 507.
21. Кулезнев В.Н., Догадкин Б.А., Клыкова В.Д. // Коллоид. журн. 1968. Т. 30. № 2. С. 255.
22. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров (структура и свойства). М.: Химия, 1980.
23. Физикохимия многокомпонентных полимерных систем / Под ред. Липатова Ю.С. Киев: Наукова думка, 1986. Т. 2.

24. *Zheng Xiaojiang, Pu Henry H., Yang Yanheng, Ziu Jun-feng // J. Polym. Sci. C. 1989. V. 27. № 7. P. 223.*
25. *Моисеев В.В., Есина Т.И. // Тематич. обзор. "Старение и стабилизация бутадиен-нитрильных каучуков". М. ЦНИИТЭНефтехим, 1978.*
26. *Девирц Э.Я. // Тематич. обзор. "Бутадиен-нитрильные каучуки. Свойства и применение". М.: ЦНИИ-ТЭНефтехим, 1972.*
27. *Берлин А.А., Ганина В.И., Каргин В.А., Кронман А.Т., Яновский Д.М. // Высокомолек. соед. 1964. Т. 6. № 9. С. 1684.*
28. *Берлин А.А., Кронман А.Г., Яновский Д.М., Каргин В.А. // Высокомолек. соед. 1964. Т. 6. № 9. С. 1688.*
29. *Кронман А.Г., Каргин В.А. // Высокомолек. соед. 1966. Т. 8. № 10. С. 1703.*

## Ozone Resistance of Vulcanized NBR-PVC Blends

**N. M. Livanova, A. A. Popov, S. G. Karpova, T. A. Bogaevskaya,  
and M. P. Farmakovskaya**

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

**Abstract**—A relationship between structure and ozone resistance of vulcanized blends of butadiene-acrylonitrile rubbers (NBR) and poly(vinyl chloride) (PVC) was studied. The samples were prepared from NBR of the SKN-18, SKN-26, and SKN-40 grades and 70 : 30 PVC (obtained by emulsion or suspension polymerization) by methods of high- and low-temperature blending followed by treatment in a thermostat. The properties of blends (including homogeneity, interphase transition layer structure, and ozone resistance) were studied by methods of stress relaxation, EPR, and IR spectroscopy. A mechanism of the ozone-protective action of thermoplast (PVC) in the blends with NBR is considered for the systems possessing various degrees of homogeneity.