

*А. Ф. Пучков, М. П. Спиридонова, Д. А. Куцов  
Д. С. Свинухов, В. А. Дроздев, Д. О. Поздняков*

## **ВУЛКАНИЗАЦИЯ НА ГРАНИЦЕ РАЗДЕЛА НАДМОЛЕКУЛЯРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ФАЗ КАУЧУКОВ**

**Волжский политехнический институт (филиал)  
Волгоградского государственного технического университета**

E-mail: mspiridonova@list.ru

В качестве примера вулканизации каучуков с использованием нового технологического приема авторы приводят эластомерную композицию на основе хлорбутилкаучука ХБК-150 и бутадиеннитрильного – БНКС-АМН. Выбор этих каучуков обоснован условиями эксплуатации резин, которые предполагается использовать в производстве РТИ для морских судов с обеспечением маслбензостойкости и газодонепроницаемости. При этом обычная серная вулканизация не всегда обеспечивает получение физико-механических свойств, отвечающих условиям эксплуатации. Проблема решается путем вулканизации на границе раздела фаз синтезированным сульфидирующим комплексом. Результативность использования сульфидирующего комплекса проявляется в повышении прочностных свойств эластомерных композиций.

**Ключевые слова:** сульфидирующий комплекс, вулканизация на границе раздела фаз, надмолекулярные образования.

### **Введение**

Эластомерные композиции, изготовленные на основе только одного каучука, имеют надмолекулярную структуру, обусловленную различными видами упорядочения макромолекул во

взаимном их расположении [5], что доказано учеными В. А. Каргиным, А. И. Китайгородским и Г. Л. Слонимским. Для исследуемых в настоящей работе эластомерных композиций на основе аморфных каучуков, бутадиен-нитриль-

ного, а также бутадиен-стирольного, характерны надмолекулярные образования в виде пачек [5], не исключая при этом, что отдельные участки макромолекул, соединяющих пачки, остаются в неупорядоченных областях полимера. То есть в индивидуальной каучуковой матрице можно констатировать наличие областей с плотной и «рыхлой» упаковками макромолекул. В таком случае можно принять во внимание, что если ингредиент, вводимый в эластомерную композицию, представлен не порошком, а своеобразной вулканизирующей системой (ВС) в виде пасты, то его распределение, возможно, коснется области с «рыхлой» упаковкой макромолекул. При этом в образовании сульфидирующих систем основным компонентом является  $\varepsilon$ -капролактam, который способен к образованию молекулярных комплексов с ингредиентами эластомерных композиций [1]. К таким примерам можно отнести совместное действие  $\varepsilon$ -капролактама, борной кислоты и оксида цинка в образовании комплекса, нашедшего прикладное применение в составе промотора адгезии НПА-БорЗ [6]. Наибольший интерес в настоящее время представляет сплав (затвердевший расплав  $\varepsilon$ -капролактама и серы), содержащий водородосвязанный комплекс  $\varepsilon$ -капролактама и серы [2–4].

Целью работы является исследование возможности применения технологического приема вулканизации на границе раздела надмолекулярных образований и фаз каучуков синтезированным сульфидирующим комплексом для обеспечения более высокого уровня физико-механических свойств в сравнении со свойствами, достигаемыми индивидуально введенными компонентами вулканизирующей системы.

#### Экспериментальная часть

Изготовление сульфидирующего комплекса (аббревиатура КВФ-1) осуществлялось в фарфоровом реакторе емкостью 0,5 л с фторопластовой мешалкой при температуре  $120 \pm 5$  °С. Состав КВФ-1: эвтектический расплав  $\varepsilon$ -капролактама с IPPD (ЭР) – 25 % мас.; фенол-формальдегидная смола (СФФ-1) – 25 % мас.; сульфенамид Ц – 25 % мас.; сера – 25 % мас. Общая масса компонентов состава КВФ-1 – 200 г. Вначале в реактор загружали ЭР, используя его как среду, в которую осуществлялась поочередная загрузка компонентов, приведенных в составе КВФ-1. Загрузка каждого осуществлялась после достижения гомогенного распределения

в расплаве предыдущего компонента. После загрузки серы окончание процесса приготовления КВФ-1 контролировалось достижением постоянства значений вязкости, определяемой вискозиметром Брукфильда с использованием шпинделя № 6. В данных условиях технологического приготовления (температура  $120 \pm 5$  °С) и аппаратного оформления постоянство значений вязкости составило 3010 сПз. Кроме того, сульфидирующий комплекс использовался в композиции с этиленпропиленовым каучуком – СКЭПТ-40. Композиция (аббревиатура КВФ-1-ЭТ) готовилась на вальцах 320160/160. Вязкость КВФ-1-ЭТ-составляла 22 ед. Муни (определение проводили на реометре Монсанто при 100 °С).

Приготовление резиновых смесей осуществлялось в лабораторном резиносмесителе «Brabender» и на лабораторных вальцах 320 160/160.

Загрузка в смесительное оборудование КВФ-1 или КВФ-1-ЭТ осуществлялась на той же стадии, что и для загрузки вулканизирующих систем.

Вулканизация осуществлялась при 155 °С в течение 30 мин. Физико-механические показатели определялись согласно ГОСТ 270–75; показатель истирания по ГОСТ 426-77.

#### Обсуждение результатов

Полученные сульфидирующие комплексы исследовались в эластомерных композициях, в частности, в одном из вариантов совулканизации хлорбутилкаучука – ХБК-150 с бутадиен-нитрильным – БНКС-40 АМН, предлагаемой для реализации в производстве РТИ для морских судов.

В табл. 1 представлены рецептуры контрольной (состав 2) и опытной резиновых смесей (состав 1).

Для совулканизации эластомерной композиции состава 1 использовали смоляную композицию с сульфидирующим комплексом в лактамсодержащем расплаве, диспергированную в этиленпропиленовом тройном каучуке (КВФ-1-ЭТ).

Смоляная композиция, включая серу и сульфенамид Ц (КВФ-1), обладает относительно низкой температурой каплепадения (не выше 90 °С). Фото смоляной композиции представлено на рис. 1. Эта смоляная композиция, но уже диспергированная в СКЭПТ – каучуком, не совместимым с опытными каучуками, является носителем агентов совулканизации на границу раздела фаз каучуков. Фото ВС в целом – также на рис. 1.

Таблица 1

Состав и физико-механические свойства эластомерных композиций

| Ингредиенты                                 | Состав, мас. ч. на 100 мас. ч. каучука |       |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|-------|
|                                             | 1                                      | 2     |
| ХБК-150                                     | 50,00                                  | 50,00 |
| БНКС-40 АМН                                 | 50,00                                  | 50,00 |
| ТУ234                                       | 40,00                                  | 40,00 |
| ZnO                                         | 5,00                                   | 5,00  |
| Стеарин                                     | 3,00                                   | 3,00  |
| Сера                                        | –                                      | 2,00  |
| Сульфенамид Ц                               | –                                      | 2,00  |
| КВФ-1-ЭТ                                    | 16,00                                  | –     |
| Свойства вулканизатов                       |                                        |       |
| Условная прочность при 100 % удлинении, МПа | 5,8                                    | –     |
| Условная прочность при растяжении, МПа      | 12,0                                   | 6,0   |
| Относительное удлинение, %                  | 200                                    | 120   |
| Остаточное удлинение, %                     | 4                                      | 4     |



а



б

Рис. 1. Смоляная композиция

а – смоляная вулканизирующая композиция КВФ-1; б – вулканизирующая система КВФ-1-ЭТ

Характеризуя КВФ-1-ЭТ в целом, как пасту на основе СКЭПТ, не совместимую с использованием ХБК и БНКС, можно с достаточным ос-

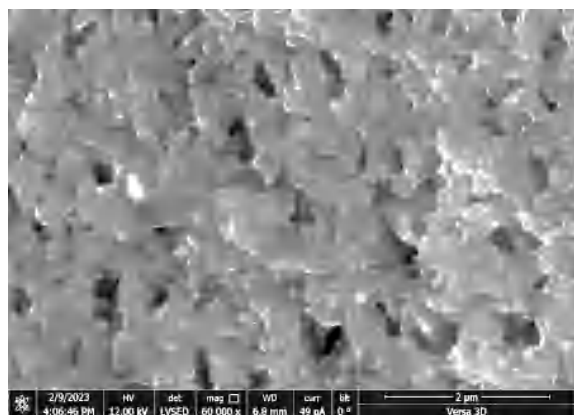


Рис. 2. Поверхность эластомерной композиции состава 1 (табл. 1), представленной с помощью растрового электронного микроскопа 3D-Versa

нованием утверждать, что ВС располагается в граничных областях каучуковых фаз. Данные анализа фазовой структуры с помощью растрового электронного микроскопа позволяют констатировать, что совместимость каучуков происходит на уровне микрозон (рис. 2). Однако присутствие вулканизирующей системы – КВФ-1-ЭТ на фото определить пока невозможно.

Как следует из представленных значений прочностных свойств (табл. 1), именно они создают проблему для возможности эксплуатации изделий из контрольной резиновой смеси, структурированной серой в присутствии сульфенамида Ц (смесь состава 2, табл. 1). Используемый авторами новый технологический прием позволяет практически в 2 раза увеличить прочность опытных резин, что определяет направление исследований на разработку конкретной технологии производственного изго-

товления РТИ с использованием нового технологического приема. Здесь следует пояснить, почему нужно детализировать технологический процесс изготовления РТИ. Как следует из реометрической кривой (рис. 3), для опытной смеси характерна высокая скорость вулканизации и очень короткий индукционный период,

что может повлечь возникновение различных артефактов при формовании смеси. Хотя, возвращаясь к рассмотрению нового технологического приема и, непосредственно, к рецептуре, а также к изготовлению вулканизирующей системы в целом, можно констатировать присутствие в ВС сульфенамида Ц.

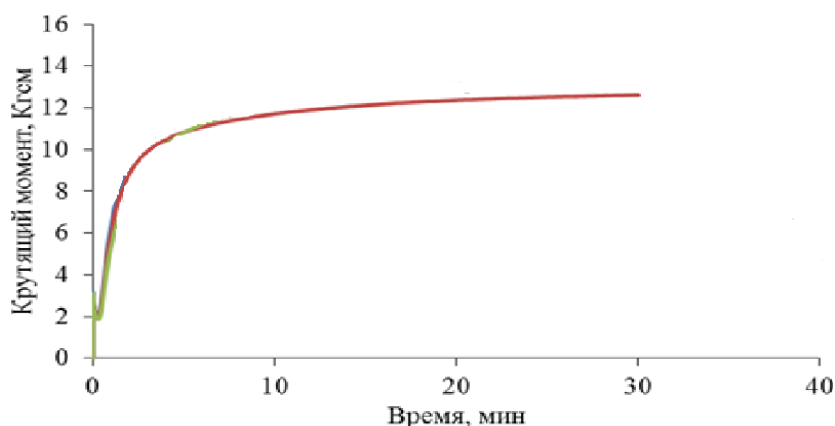


Рис. 3. Реометрическая кривая для опытной резиновой смеси (смесь состава 1, табл. 1) при температуре 155 °С

Уменьшение индукционного периода, большая величина которого наиболее характерна для сульфенамидных ускорителей, также имело место и в запатентованном решении [7], где сульфенамид Ц использовался в пластизоле с ПВХ. Причем, подобное явление имеет место не только для комбинации каучуков, которые практически все имеют границу раздела, совмещающаяся, как известно, не на молекулярном уровне, а на уровне микрозон, о чем свидетель-

ствует исследуемая нами композиция. В случае смесей на основе только одного каучука, сульфенамид Ц также теряет свои прерогативные функции, оставляя кинетику без индукционного периода или на много сокращая его. Приведенные ниже реометрические кривые опытных смесей на основе БНКС-40-АМН (рис. 4) и СКИ-3 (рис. 5), состав которых приведен в табл. 4 и 2 соответственно, идентичны при рассмотрении их индукционных периодов.

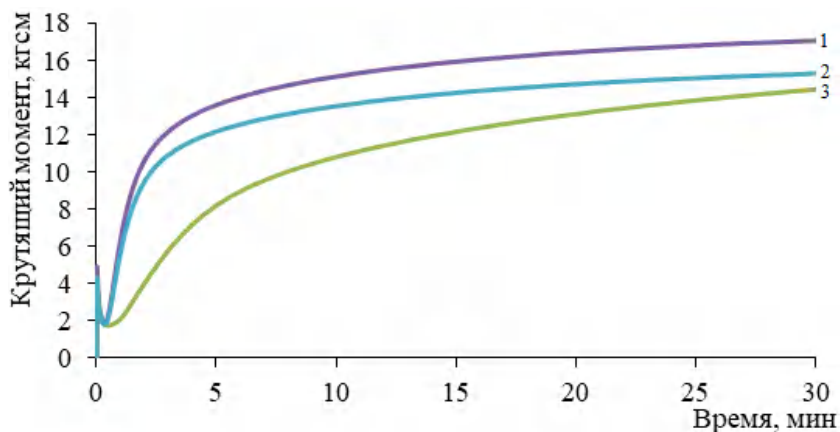


Рис. 4. Реометрические кривые резиновых смесей составов табл. 4:  
1 – контрольная, 2 – опытная 1, 3 – опытная 2

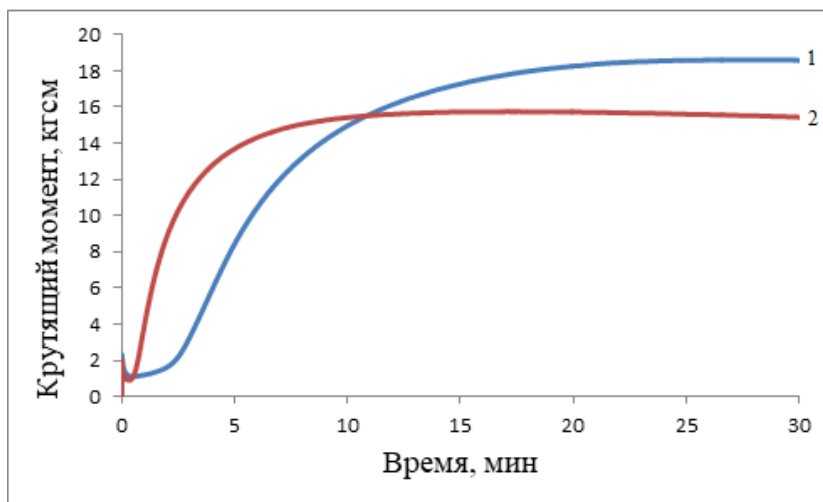


Рис. 5. Реометрические кривые для резиновых смесей составов, представленных в табл. 2:  
1 – контрольная, 2 – опытная 1

Таким образом, можно сделать вывод, что чем больше у ускорителя стерических затруднений, тем при раздельном вводе ингредиентов он попадет на границу раздела надмоле-

кулярных образований или в область раздела каучуков, несколько позже, чем ускорители с менее развитой структурой, как например, тиурамы (рис. 6).

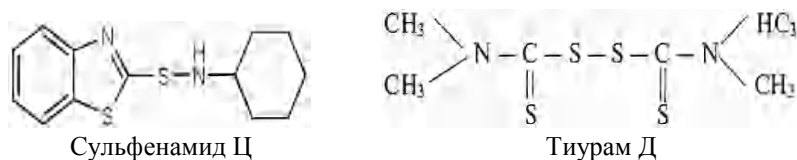


Рис. 6. Структурные формулы ускорителей вулканизации

Если же использовать прием, когда сульфенамид Ц, присутствуя в вулканизирующей системе КВФ-1-ЭТ, несовместимой с каучуками исследуемой композиции, то можно предположить, что он попадает в зону с менее плотной упаковкой макромолекул или в зону раздела каучуковых фаз, тогда можно ожидать, что сульфенамидные ускорители будут вести себя как ультраускорители. Такой процесс вполне возможен, так как в литературе нет объяснения

замедленной вулканизации в индукционном периоде. Пока этот прием может найти применение в производстве РТИ небольшого объема и массы. Хотя если проводить формование опытной резиновой смеси при температуре не выше 100 °С, то, как следует из реометрических кривых (рис. 7), полученных при различных температурах, можно избежать подвулканизации. Закончив формование, можно приступить к вулканизации, повысив температуру прессформ.

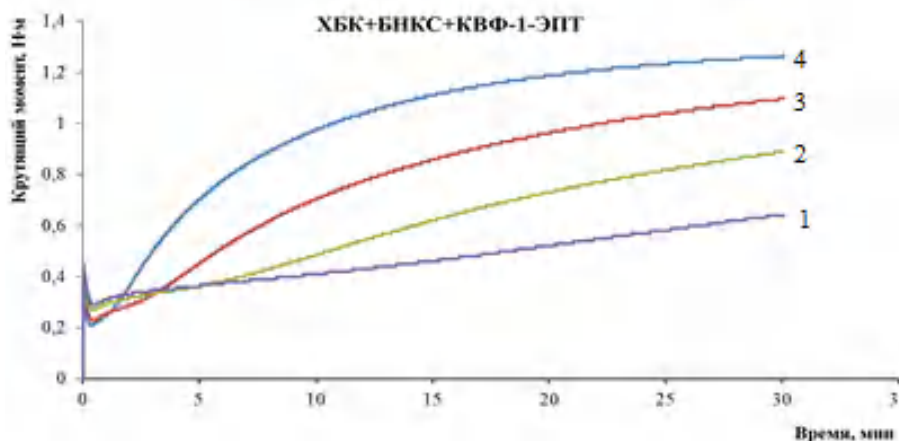


Рис. 7. Реометрические кривые для опытной резиновой смеси состава 1, табл. 1, полученные при различных температурах:  
1 – 100 °С, 2 – 110 °С, 3 – 120 °С, 4 – 130 °С

Теоретическое толкование о вулканизации на границе раздела фаз справедливо, на взгляд авторов, и для объяснения термоокислительного и озонного старения. Оно подтверждается тем фактом, что с использованием рассматриваемого приема можно получить наиболее эффективную защиту от действия тепла и кислорода с пролонгирующим эффектом, то есть кислород всегда будет проникать в область с наиболее рыхлой упаковкой макромолекул, где нужна эффективная защита, которая выполняется с использованием предлагаемого авторами технологического приема.

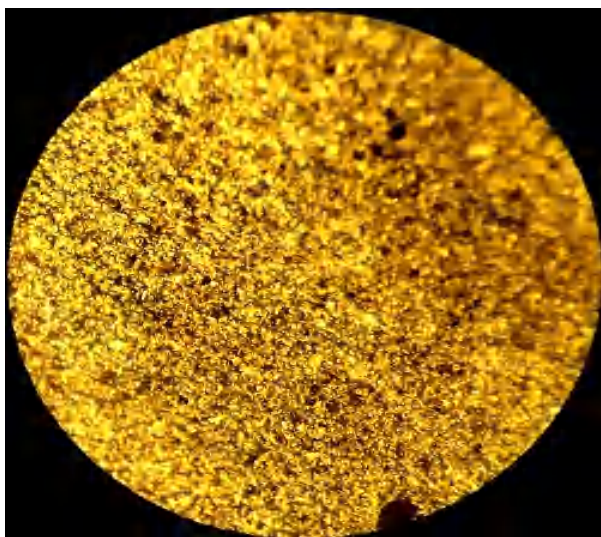


Рис. 8. Поверхность ПВХ, желатинированного смоляной композицией, в поле зрения оптического микроскопа МБС-9 при увеличении 32х

Необходимо отметить некоторые особенности физического состояния смоляной композиции. Прежде всего представляет интерес состояние серы. Так, из композиции с ПВХ (4) частицы серы выпотевают, имея желтоватый оттенок (рис. 8), что характеризует серу как агент, находящийся в  $\alpha$ -форме.

Что касается смоляной композиции, то ее поверхность совершенно иная (рис. 9). И можно предположить, что в процессе ее образования происходят видоизменения серы. Но вероятнее всего, при этом, сера не утрачивает свои структурирующие функции и, возможно, изменения, происходящие с серой, влияют

на критическую температуру действия ускорителей.



Рис. 9. Поверхности образцов смоляной композиции в поле зрения оптического микроскопа МБС-9 при 32-кратном увеличении

Использование комплекса КВФ-1 в качестве структурированного агента для СКИ-3 дает весьма незначительное увеличение прочности в отличие от вулканизата на основе бутадиен-нитрильного каучука, для которого характерна также надмолекулярная структура (НС) пачечного типа. Так, для контрольного вулканизата условная прочность при разрыве БНКС-40 АМН 23,9 МПа, в то время как для опытных, соответственно первого и второго, – 26,9 и 29,3 МПа (табл. 5). Как известно [8], изопреновые каучуки аморфны при комнатной температуре. Формирование НС с большой степенью упорядоченности, то есть процесс кристаллизации протекает при пониженных температурах или при растяжении при температуре выше 0 °С [8]. Поэтому вполне вероятно, что некоторая тенденция к увеличению прочности вулканизатов СКИ-3 наблюдается только при относительно небольшом содержании КВФ-1 (табл. 2, опытная смесь 1), способствующем большему относительному удлинению, которое, в свою очередь, будет способствовать увеличению степени кристаллизации каучука и, в итоге, увеличению прочности вулканизата. Увеличение содержания КВФ-1 (опытная смесь 2), по-видимому, сопровождается существенным пластифицирующим эффектом, приводящим к значительному уменьшению прочностных свойств (табл. 3).

Таблица 2

Состав резиновых смесей на основе СКИ-3

| Компонент        | Составы резиновых смесей, мас. ч. |               |           |           |
|------------------|-----------------------------------|---------------|-----------|-----------|
|                  | Контрольная 1                     | Контрольная 2 | Опытная 1 | Опытная 2 |
| Каучук СКИ-3     | 100,0                             | 100,0         | 100,0     | 100,0     |
| Сера             | 1,8                               | 3,6           | –         | –         |
| Сульфенамид Ц    | 1,2                               | 1,2           | –         | –         |
| Гепсол           | 0,8                               | 0,8           | 0,8       | 0,8       |
| Сантогард РVI    | 0,2                               | 0,2           | 0,2       | 0,2       |
| БКПИЦ-ДБС        | 2,0                               | 2,0           | 2,0       | 2,0       |
| Масло Norman-346 | 7                                 | 7             | 7         | 7         |
| Защитный воск    | 2,0                               | 2,0           | 2,0       | 2,0       |
| Смола            | 2,0                               | 2,0           | 2,0       | 2,0       |
| IPPD             | 0,5                               | 0,5           | –         | –         |
| Белила цинковые  | 3,5                               | 3,5           | 3,5       | 3,5       |
| Стеарин          | 2,0                               | 2,0           | 2,0       | 2,0       |
| ТУ N-550         | 55,0                              | 55,0          | 55,0      | 55,0      |
| КВФ-1            | –                                 | –             | 7,2       | 14,4      |

Таблица 3

Физико-механические свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе СКИ-3

| Показатель                                   | Название резиновой смеси |               |           |           |
|----------------------------------------------|--------------------------|---------------|-----------|-----------|
|                                              | Контрольная 1            | Контрольная 2 | Опытная 1 | Опытная 2 |
| Условное напряжение при удлинении 100 %, МПа | 3,6                      | 3,3           | 3,4       | 4,2       |
| Условное напряжение при удлинении 300 %, МПа | 12,8                     | 12,1          | 11,0      | 10,4      |
| Условная прочность при растяжении, МПа       | 17,4                     | 16,6          | 18,2      | 12,6      |
| Относительное удлинение при разрыве, %       | 410                      | 420           | 460       | 360       |
| Относительное остаточное удлинение, %        | 20                       | 36            | 28        | 28        |

Таблица 4

Состав резиновых смесей на основе БНКС-40 АМН

| Компонент                       | Составы резиновых смесей, мас. ч. |           |           |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|
|                                 | Контрольная                       | Опытная 1 | Опытная 2 |
| Каучук БНКС-40 АМН              | 100                               | 100       | 100       |
| Сера                            | 1,5                               | –         | –         |
| 2-Меркаптобензотиазол (каптакс) | 0,8                               | –         | –         |
| Белила цинковые                 | 5,0                               | 5,0       | 5,0       |
| Стеарин                         | 1,0                               | 1,0       | 1,0       |
| ТУ П-234                        | 45,0                              | 45,0      | 45,0      |
| КВФ-1                           | –                                 | 6,0       | –         |
| КВФ-1-ЭТ                        | –                                 | –         | 12,0      |

Таблица 5

## Физико-механические свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе БНКС-40 АМН

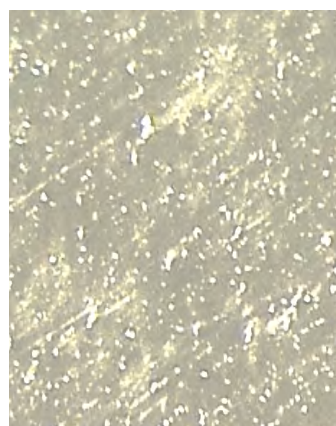
| Показатель                                   | Название резиновой смеси |           |           |
|----------------------------------------------|--------------------------|-----------|-----------|
|                                              | Контрольная              | Опытная 1 | Опытная 2 |
| Условное напряжение при удлинении 100 %, МПа | 3,1                      | 4,2       | 3,2       |
| Условное напряжение при удлинении 300 %, МПа | 13,0                     | 19,0      | 15,0      |
| Условная прочность при растяжении, МПа       | 23,9                     | 26,9      | 29,3      |
| Относительное удлинение при разрыве, %       | 470                      | 470       | 560       |
| Относительное остаточное удлинение, %        | 16                       | 12        | 24        |

Нельзя не отметить характерную особенность при использовании сульфидирующего комплекса, выраженную в отсутствии выцветания серы на поверхность резиновых смесей. Выцветание имеет место особенно при повышенных концентрациях серы, используемой в  $\alpha$ -форме. Свидетельством этого являются фото поверхностей каркасных резиновых смесей

(рис. 10). Здесь следует пояснить, что когда ингредиенты, в том числе и сера, «выцветают» на поверхность, например, слоев каркаса, уменьшается их конфекционная клейкость. В свою очередь, снижение конфекционной клейкости способствует радиальному и осевому перемещению слоев на сборочном барабане при сборке шин, приводя к дисбалансу изделия в целом.



а



б

Рис. 10. Фото поверхности образцов каркасной резиновой смеси в поле зрения оптического микроскопа МБС-9 при увеличении 32х: а – контрольной состава 2 (табл. 2); б – опытной состава 2 (табл. 2)

Вопрос – в какой форме находится сера при образовании, возможно, водородсвязанного комплекса, в частности, с  $\epsilon$ -капролактамом, пока остается открытым.

Поверхность частиц комплекса КВФ-1 длительное время (в течение года) не меняет окраску, как это имеет место, например, при наблюдении поверхности образцов каркасной резиновой смеси. В этом случае, как известно [8, с. 541] при изготовлении резиновых смесей, сера, используемая в  $\alpha$ -форме (ромбическая сера) способна растворяться в каучуках, и затем при охлаждении на поверхности полуфабрикатов видны частицы ромбической серы желтого цвета.

### Выводы

Таким образом, проведенные исследования показали целесообразность использования исследуемых сульфидирующих комплексов в эластомерных композициях, состоящих из комбинации каучуков, так как они обеспечивают более значимый уровень физико-механических свойств, чем индивидуально введенные компоненты вулканизирующей системы.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Спиридонова, М. П. Совулканизация каучуков на границе раздела фаз / М. П. Спиридонова, А. Ф. Пучков, И. М. Грицун // Каучук и резина – 2023: традиции и нова-

ции: материалы XI Всерос. конф. (г. Москва, 25–26 апреля 2023 г.) / Минпромторг России, Ассоциация «Эластомеры», НИИ эластомерных материалов и изделий [и др.]. – Москва, 2023. – С. 100.

2. Ikeda, Y. Vulcanization: New focus on a traditional technology by small-angle neutron scattering / Ikeda, Y., Higashitani, N., Hijikata, K., Kokubo, Y., Morita, Y., Shibayama, M., Osaka, N., Suzuki, T., Endo, H., Kohjiya, S. // *Macromolecules*. 42 (7). – 2009. – P. 2741–2748.

3. Ikeda, Y. Roles of Dinuclear Bridging Bidentate Zinc/Stearate Complexes in Sulfur Cross-Linking of Isoprene Rubber / Y. Ikeda, Y. Sakaki, Y. Yasuda et al. // *Organometallics*. – № 38. – 2019. – P. 2363–2380.

4. Влияние эффективных вулканизирующих систем на динамические свойства резин и их озоностойкость / Е. С. Бочкарев, Д. С. Востриков, Е. В. Дроздов, О. О. Тузиков, М. А. Ваниев // *Известия ВолГТУ : научный журнал* № 12 (247) / ВолГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов»). – С. 54–60.

5. Кабанов, В. А. Энциклопедия полимеров. В 3 т. Т. 2 / В. А. Кабанов (глав. ред.), М. С. Акутин, Н. Ф. Бакеев и др. // *Сов. Энци.* – 1974. – 320–325 с.

6. Пат. 2007112493 РФ, МПК C08K5/00 Промотор адгезии резин к латунированному металлу / Пучков А. Ф., Туренко С. В., Каблов В. Ф., Титов Н. В.; заявитель и патентообладатель: ООО «Эластохим». – № 2007112493; заявл. 26.03.2007; опубликовано 10.10.2008 Бюл. № 28.

7. Пат. 2733722 РФ, МПК B01J13/02, C08K3/06 C08K5/09, C08K5/17, C08K9/08, C08L21/00 Способ получения вулканизирующего агента с микрокапсулированной серой / Пучков А. Ф., Спиридонова М. П.; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолГТУ). – № 2019143745; заявл. 25.12.2019; опубликовано 06.10.2020 Бюл. № 28.

8. Каргин, В. А. Энциклопедия полимеров В 3 т. Т. 2 / В. А. Каргин (глав. ред.), М. С. Акутин, Е. В. Вонский и др. // *Сов. Энци.* – 1972. – 821 с.

## REFERENCES

1. Spiridonova, M. P. Sovulkanizaciya kauchukov na granice razdela faz / M.P. Spiridonova, A.F. Puchkov, I.M. Gricun // *Kauchuk i rezina* – 2023: tradicii i novacii: materialy XI Vseros. konf. (g. Moskva, 25-26 aprelya 2023 g.) / Minpromtorg Rossii, Associaciya «Elastomery», NII elastomernyh materialov i izdelij [i dr.]. – Moskva, 2023. – С. 100.

2. Ikeda, Y. Vulcanization: New focus on a traditional technology by small-angle neutron scattering / Ikeda, Y., Higashitani, N., Hijikata, K., Kokubo, Y., Morita, Y., Shibayama, M., Osaka, N., Suzuki, T., Endo, H., Kohjiya, S. // *Macromolecules*. 42 (7). 2009. P. 2741-2748

3. Ikeda, Y. Roles of Dinuclear Bridging Bidentate Zinc/Stearate Complexes in Sulfur Cross-Linking of Isoprene Rubber / Y. Ikeda, Y. Sakaki, Y. Yasuda et al. // *Organometallics*. № 38. 2019. P. 2363-2380.

4. Vliyanie effektivnyh vulkanizuyushchih sistem na dinamicheskie svoystva rezin i ih ozonostojkost' / E. S. Bockarev, D. S. Vostrikov, E. V. Drozdov, O. O. Tuzhikov, M.A. Vaniev // *Izvestiya VolgGTU. Ser. Himiya i tekhnologiya elementoorganicheskikh monomerov i polimernyh materialov*. – Volgograd, 2020. – № 12 (247). – С. 54-60.

5. Kabanov, V. A. Enciklopediya polimerov V 3 t. T. 2 / V.A. Kabanov (glav. red.), M.S. Akutin, N.F. Bakeev i dr. // *Sov. Enc.* – 1974. – 320-325 s.

6. Pat. 2007112493 RF, MPK C08K5/00 Promotor adgezii rezin k latunirovannomu metallu / Puchkov A.F., Turenko S.V., Kablov V.F., Titov N.V.; zayavitel' i patentoobladatel': ООО "Elastohim". – № 2007112493; zayavl. 26.03.2007; opublikovano 10.10.2008 Byul. № 28.

7. Pat. 2733722 RF, MPK B01J13/02, C08K3/06 C08K5/09, C08K5/17, C08K9/08, C08L21/00 Sposob polucheniya vulkanizuyushchego agenta s mikroapsulirovannoj seroj / Puchkov A.F., Spiridonova M.P.; zayavitel' i patentoobladatel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Volgogradskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet" (VolgGTU). – № 2019143745; zayavl. 25.12.2019; opublikovano 06.10.2020 Byul. № 28.

8. Kargin, V. A. Enciklopediya polimerov V 3 t. T. 2 / V.A. Kargin (glav. red.), M.S. Akutin, E.V. Vonskij i dr. // *Sov. Enc.* – 1972. – 821 s.

A. F. Puchkov, M. P. Spiridonova, D. A. Kucov  
D. S. Svinuhov, V. A. Drozdov, D. O. Pozdnyakov

## VULCANIZATION AT THE INTERFACE OF SUPRAMOLECULAR FORMATIONS AND PHASES OF RUBBERS

Volzhsy Polytechnic Institute (branch)  
Volgograd State Technical University

**Abstract.** As an example of vulcanization of rubbers using a new technological technique, the authors cite an elastomeric composition based on chlorobutyl rubber KBK-150 and butadiene nitrile - BNKS-AMN. The choice of these rubbers meets the requirements of the operating conditions of rubbers, which are intended to be used as RTI for marine vessels with the requirements of oil and gas resistance and gas tightness. Conventional sulfur vulcanization does not meet the operating requirements. The problem is solved by vulcanization at the interface with the sulfiding complex synthesized by the authors. The effectiveness of using a sulfiding complex is manifested in an increase in the strength properties of elastomeric compositions.

**Keywords:** sulfiding complex, vulcanization at the interface of phases, supramolecular formations.