

Исследования свойств сенсоров проводили в установке динамического типа. Установка включала в себя каналы подачи аналитов и газаносителя. В качестве газаносителя использовался синтетический воздух, содержащий 21% O₂, 79% N₂ (об. %). Смесь диоксида азота (5000 ppm NO₂ в воздухе) и аммиака (5000 ppm NH₃ в воздухе) использовались в качестве модельных газов для донорно-акцепторного взаимодействия с УНВ.

Было установлено, что сенсоры с более развитой удельной поверхностью демонстрируют лучшие отклик и восстановление по отношению к 1–500 ppm NO₂ и 100–500 ppm NH₃. Также было установлено, что сорбция диоксида азота более селективна по сравнению с поглощением аммиака и метана. Были рассчитаны константы сорбции и теплоты сорбции. Во всех случаях наблюдался механизм физической адсорбции диоксида азота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lapekin N.I. et al. Solvent effect on the NO₂ sensing properties of multi-walled carbon nanotubes // *Chim. Techno Acta*. 2022. Vol. 9, № 3. P. 20229311.

2. Lapekin N.I. et al. Gas-Sensors for NO₂ Detection Based on Multi-Walled Carbon Nanomaterials and Their Mixtures // 2022 IEEE 23rd International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). 2022. P. 79–83.

УДК 678.046.3

**Боброва В.В., Прокопчук Н.Р.,
Касперович А.В.**

(Белорусский государственный технологический университет)

Ефремов С.А., Нечипуренко С.В.

(Казахский национальный университет имени аль-Фараби)

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛЕРОД-КРЕМНИСТОГО КОМПОЗИТА В РЕЗИНОВЫХ СМЕСЯХ

Перспективным направлением развития шинной и резинотехнической промышленности является расширение применения натуральных наполнителей растительного происхождения [1]. При использовании таких наполнителей происходит улучшение ряда свойств резиновых

смесей и вулканизаторов, экономических и экологических показателей производства. Наиболее часто используемыми наполнителями являются технический углерод и диоксид кремния, однако они являются относительно дорогими. Поэтому их полная или частичная замена материалами из возобновляемых источников будет экономически целесообразна. Более того, использование отходов является необходимостью в современной промышленности. Ввиду этого, исследователи все больше интересуются преобразованием золы рисовой шелухи в продукт, представляющий коммерческий интерес, хотя до сих пор она считалась побочным продуктом промышленности. Отходы рисовой шелухи часто используются в качестве топлива в производстве энергии. Однако после ее сжигания остается большое количество золы, которая в основном состоит из кремнезема и может использоваться в качестве сырья в различных отраслях промышленности [2].

Зола рисовой шелухи (УКК), которая образовывается карбонизацией рисовой шелухи (РШ) и стебля при 550–600 °С, является интересным и перспективным функциональным наполнителем для эластомерных композиций на основе натурального каучука. При сжигании РШ может быть получено около 20 % золы, которая в свою очередь содержит около 87–98 % диоксида кремния [3].

С целью изучения влияния УКК на взаимодействие полимер-наполнитель, проводили измерения эффекта Пейна – уменьшение модуля эластичности (модуля сдвига) с увеличением амплитуды деформаций. Основная причина снижения модуля сдвига состоит в разрушении вторичной сетки агломератов наполнителя, а также физических связей наполнитель-каучук. Величина эффекта Пейна коррелирует со степенью диспергирования агломератов наполнителя, а величина максимального за цикл деформации модуля – с вязкостью материала в начале нагружения [4].

В результате исследования было изучено влияние частичной замены промышленного технического углерода марки N550 на УКК растительного происхождения на диспергирование наполнителя в объеме эластомерной матрицы на основе БНКС-18 (табл. 1).

Анализ полученных результатов показал, что введение в резиновые смеси УКК приводит к улучшению распределения наполнителей в объеме эластомерной матрицы. Для резиновой смеси на основе БНКС-18, не содержащей УКК, значение комплексного динамического модуля составляет 176,8 кПа, а для смесей с УКК значение G' находится в пределах 65,4–110,9 кПа.

Из полученных данных следует, что введение углерод-кремнистого композита в резиновую смесь улучшает качество диспергирования наполнителя в объеме полимера, т.е. наблюдается снижение эффекта Пейна.

Таблица 1 – Качественные характеристики распределения комбинации наполнителей в объеме эластомерной матрицы на основе БНКС

Соотношение УКК / N550, мас. ч. на 100 мас. ч. каучука	G'_0 , кПа	G'_∞ , кПа	G' , кПа
0 / 90	219,4	46,6	176,8
10 / 80	150,0	39,1	110,9
20 / 70	165,1	41,7	123,4
30 / 60	143,8	39,0	104,7
40 / 50	120,1	34,8	85,3
50 / 40	110,9	33,7	77,3
60 / 30	102,8	31,1	71,8
70 / 20	99,9	31,6	68,3
80 / 10	88,8	28,8	60,0
90 / 0	95,2	29,8	65,4

Данные результаты подтверждаются ранее проведенными испытаниями на вязкость по Муни, которая косвенно связана с состоянием смешения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sathishkumar T. P., Navaneethakrishnan P., Shankar S., Rajasekar R. Mechanical properties and water absorption of short snake grass fiber reinforced isophthallic polyester composites. *Fibers and Polymers*, 2014, vol. 15, pp. 1927–1934. doi:10.1007/s12221-014-1927-8.
2. Natural rubber compositions with the partial/total replacement of carbon black/naphthenic oil by renewable additives: Rice husk ash and cashew nut oil / S. Moresco [et al.] // *Journal of Applied Polymer Science*. 2019. Vol. 137, no. 4. 48134. DOI:10.1002/app.48314.
3. Боброва В. В., Прокопчук Н. Р., Ефремов С. А., Нечипуренко С. В. Углерод-кремнистый наполнитель для эластомерных композиций // *Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология*. 2022. № 1 (253). С. 89–95.
4. Гришин Б. С. Теория и практика усиления эластомеров. Состояние и направления развития: монография. Казань: КНИТУ, 2016. 420 с.