

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРА ПРИ  
ДОБАВЛЕНИИ НАНОМОДИФИКАТОРА МЕТОДОМ ИК-ФУРЬЕ  
СПЕКТРОСКОПИИ**

Гурьев И.О, Гиммельфарб М.К., Шульга А.М.

*Воронежский государственный университет инженерных технологий*

*Воронеж, Россия*

**STUDY OF THE FORMATION OF THE STRUCTURE OF THE POLYMER  
WHEN ADDING NANO-MODIFIER METHOD FT-IR SPECTROSCOPY**

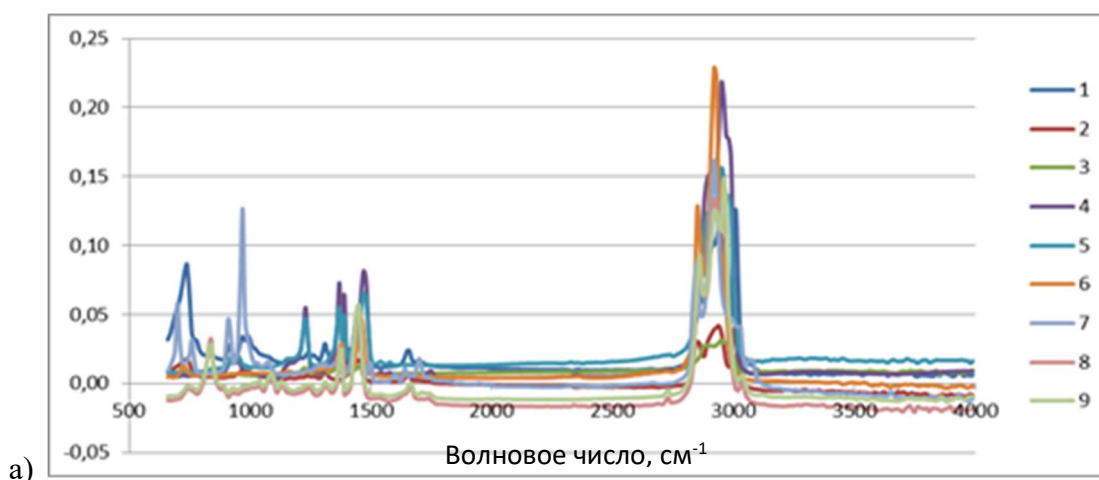
Gurev I.O., Gimmelfarb M.K., Shulga A.M.

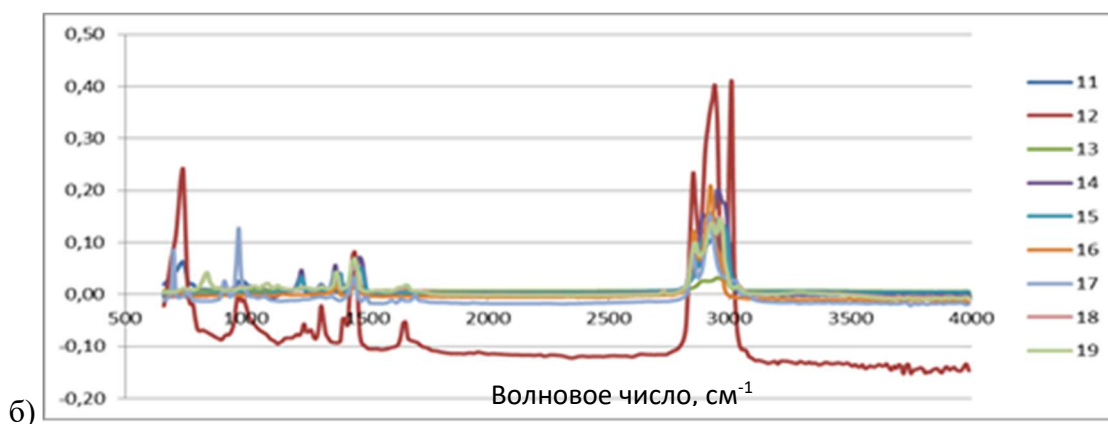
Voronezh University engineering technology

Voronezh, Russia

Для определения структуры исследуемого натурального каучука с серой и фуллеренесодержащим модификатором в сравнении использовали метод ИК-Фурье спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) в варианте с 10-кратным прохождением луча через пробу и кристалл НПВО. Исследование проводили на установке ИК-Фурье спектрометре NICOLET6700, с выбранным спектральным диапазоном от 600 до 4000  $\text{см}^{-1}$ . Для регистрации оптических характеристик используются монолитные пленки каучуков, толщиной 20 мкм, полученные на алюминиевой подложке из 1 % толуольных растворов. Окисление пленок проводится в низкотемпературной лабораторной электропечи SNOL 58/350 при температуре 373 К.

В ходе спектроскопического исследования были получены следующие экспериментальные данные, представленные на рисунке 1.





**Рисунок 1 – Спектры проб, относящихся к различным группам:**

**а) НК с серой; б) НК с серой и фуллереносодержащим модификатором.**

В ходе канонического анализа осуществлялось сравнение двух множеств: левого (первая группа данных) – ИК-спектры натурального каучука с серой и правого (вторая группа данных) – ИК спектры натурального каучука серой и фуллереносодержащим модификатором.

Применение канонического анализа позволило отделить из большого объема экспериментальных данных те, которые выбивались из общего множества и не использовать их в дальнейшем анализе, что позволило снизить возможность ошибок. Полученный результаты представлены в таблице 1 и 2.

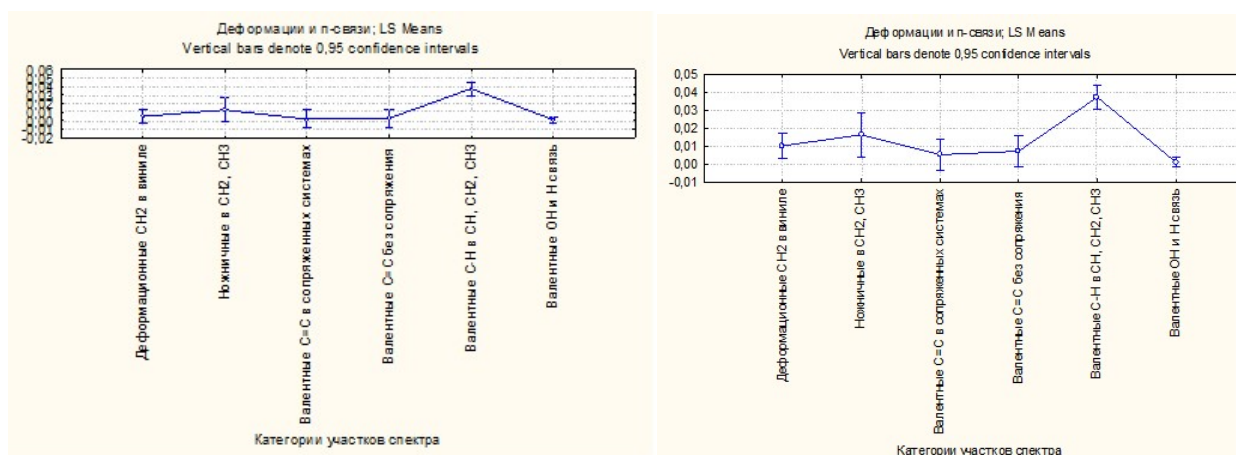
**Таблица 1 - Суммарные данные канонического анализа**

N=284	Суммарный канонический анализ R: 0,99977 $\chi^2_{81}=6128,2$ p=0,0000	
	Первая группа данных	Вторая группа данных
Извлеченная изменчивость	100,000%	100,000%
Общая избыточность	98.6629%	99.3637%

**Таблица 2 - Тест  $\chi^2$  с успешно удаленными каноническими корнями**

Удаленные корни	Собственные значения	$\lambda$ Вилкса	$\chi^2$	Степеней свободы	Уровень p
0	0.999774	0.000000	6128.244	81	0.000000
1	0.996297	0.000000	4022.040	64	0.000000
2	0.982881	0.000056	2679.883	49	0.000000
3	0.973137	0.001636	1754.623	36	0.000000
4	0.957495	0.030867	951.249	25	0.000000
5	0.750899	0.370986	271200	16	0.000000
6	0.999774	0.850590	44.259	9	0.000001
7	0.996297	0.928968	20.152	4	0.000467
8	0.982881	0.999303	0.191	1	0.662241

Графическое представление усредненных результатов многомерного теста по категориям: группы связей и колебания в натуральном каучуке с серой, а также группы связей и колебания в натуральном каучуке с серой и фуллеренсодержащим модификатором представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2 - Графическое представление усредненных результатов многомерного теста по категориям: группы связей и колебания в натуральном каучуке с серой (слева), группы связей и колебания в натуральном каучуке с серой и фуллеренсодержащим модификатором (справа)**

На основе полученных данных можно сделать вывод, что присутствие фуллеренсодержащего модификатора оказывает влияние на протекание реакции между НК и серой по валентным ОН и Н связям, указывает на наличие физического взаимодействия, на основании чего можно сделать вывод об явлении осушения по ОН и Н связям.

## Литература

1. Комплексная оценка состава фуллеренсодержащего нанюглерода / Т.И. Игуменова, В.И. Герасимов, Г.В. Попов, А.В. Жабин // Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технологии: материалы XV Международной научно-практической конференции. – М., 2009. – С. 113–115.
2. Эмануэль, Н.М. Химическая физика молекулярного разрушения и стабилизации полимеров [Текст] / Н.М Эмануэль, А.Л. Бучаченко – М.: Наука, 2014. – 368 с.
3. Dai, L. Synthesis of fullerene- and fullerol – containing polymers [Текст] / L. Dai, A. Mau, X. Zhang, J. Mater // Chem, 2009. – Т. 8. – № 2. – С.325-330.