



БИТУМНЫЕ ВЯЖУЩИЕ С УЛУЧШЕННЫМИ ПЛАСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Е.С. Охотникова, Ю.М. Ганеева, Т.Н. Юсупова,
Г.Р. Фазылзянова, И.Н. Фролов

Области применения битумных вяжущих



Дорожное строительство



Кровельные материалы



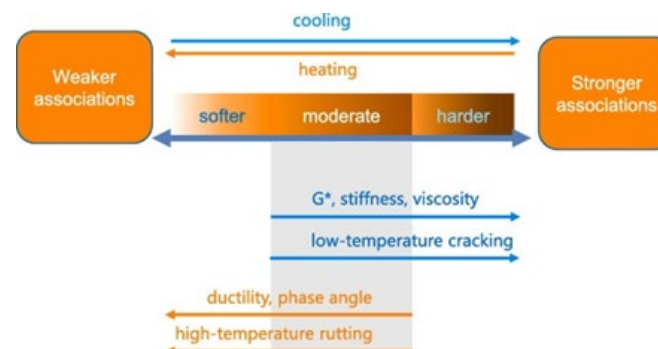
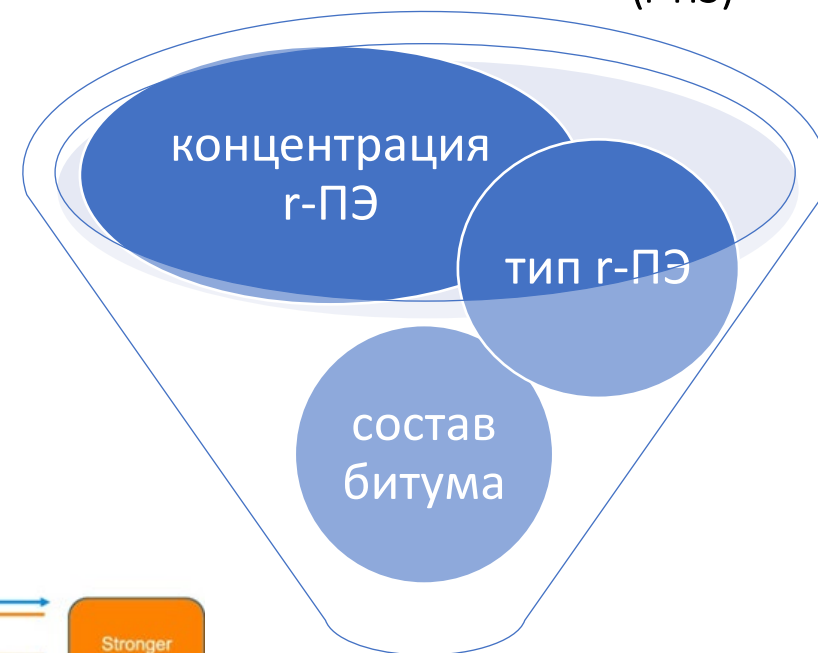
Гидроизоляционные материалы

Битум-полимерное вяжущие (БПВ)



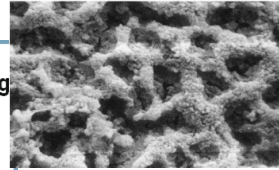
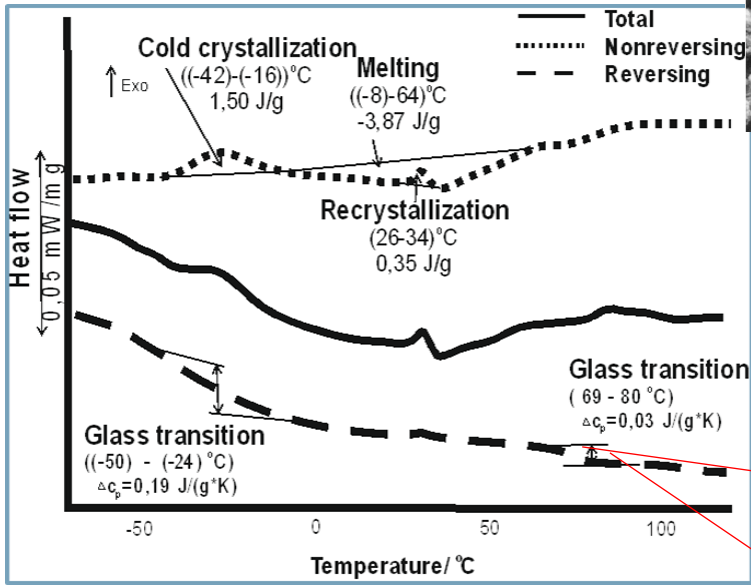
вторичный ПЭ (r-ПЭ)

Модификация битумов вторичными полимерами – способ утилизации полимерных отходов



пластические свойства БПВ

1. Состав битума



(Lesueur D. 2009)

Table 3 The plastic properties of model bitumens

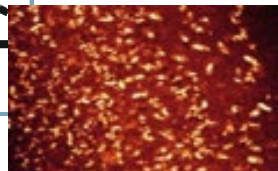
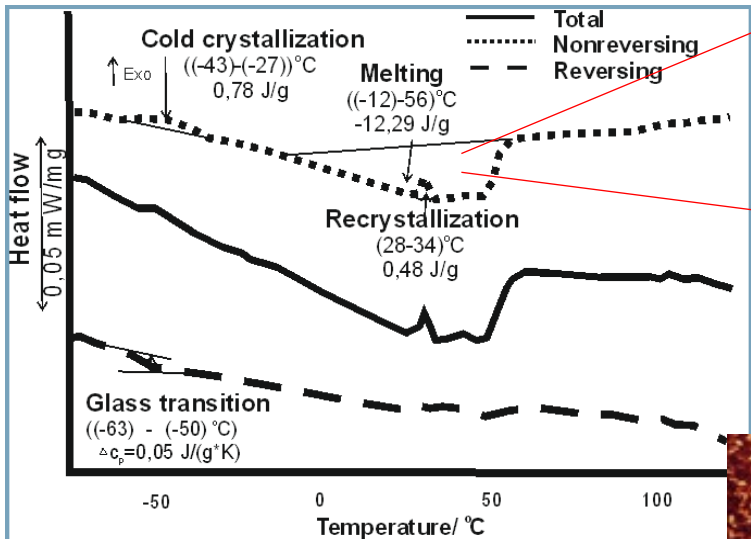
	Ring&ball softening point/°C	Fraas break point/°C
Model bitumen 1	46	-14
Model bitumen 2	41	-20
Model bitumen 3	40	-32
Model bitumen 4	98	-15
Model bitumen 5	123	-13

Table 4 The data of temperature sweep test of model bitumens

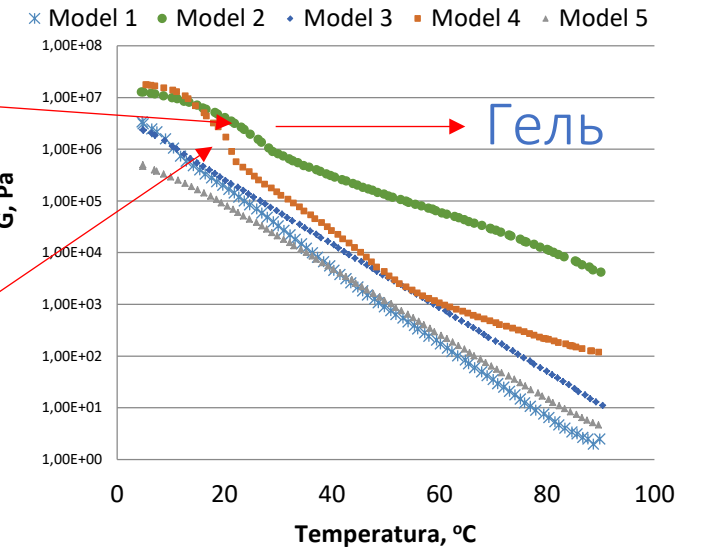
	$G' 10^3$ at 20 °C/Pa	$G'' 10^3$ at 20 °C/Pa	$\tan\delta$ at 20 °C	$T_{\tan\delta=1}/^{\circ}\text{C}$
Model bitumen 1	248	400	1.61	8
Model bitumen 2	79	131	1.65	5
Model bitumen 3	198	267	1.34	11
Model bitumen 4	1710	1323	0.77	34
Model bitumen 5	4049	1510	0.37	62

Table 1 The composition of the model bitumens

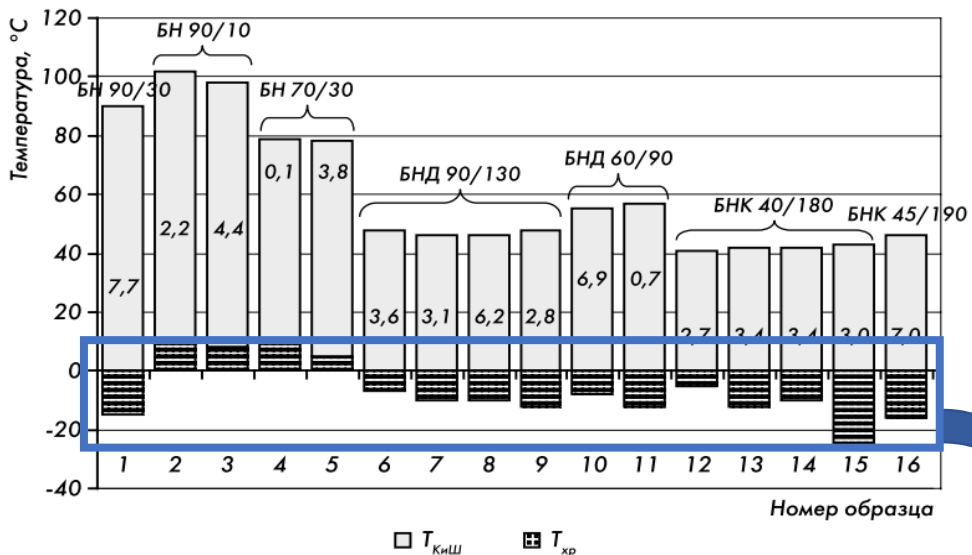
	The content of fractions/mass %				
	Saturates	Aromatics	Waxes	Resins	Asphaltenes
Model bitumen 1	0	50	0	33	17
Model bitumen 2	26	24	0	33	17
Model bitumen 3	21	24	6	34	15
Model bitumen 4	36	0	14	33	17
Model bitumen 5	19	21	5	30	25



(Lesueur D. 2009)



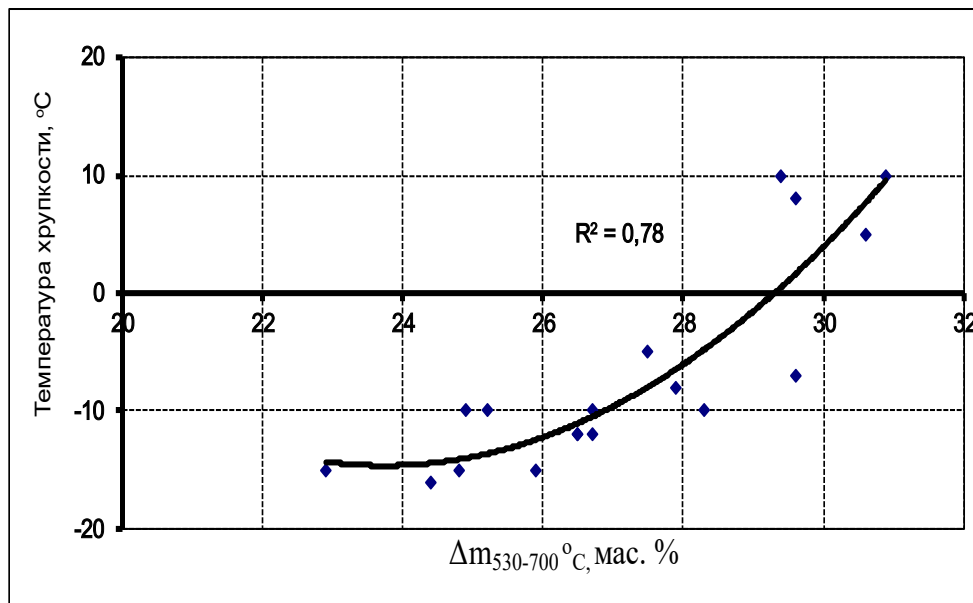
Okhotnikova E.S., Ganeeva Y.M., Frolov I.N., Ziganshin M.A., Firsin A.A., Timirgalieva A.H., Yusupova T.N. Thermal and structural characterization of bitumen by modulated differential scanning calorimetry. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2020. V.142(1). P. 211-216.



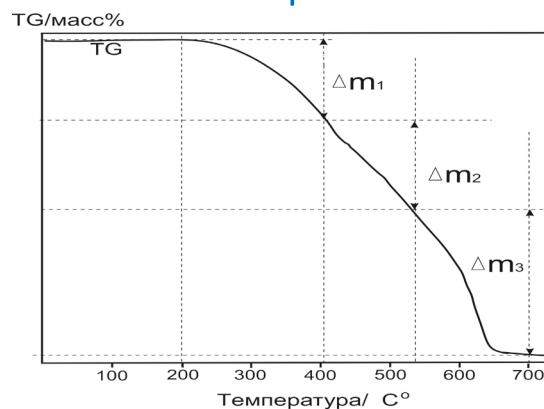
Содержание твёрдых парафинов и их характеристики по данным ДСК

Номер образца	Битумы	Содержание твёрдых парафинов в битуме, % мас.	Данные ДСК	
			$T_{пл}, ^\circ C$	Энтальпия плавления твёрдых парафинов, Дж/г
1	БН 90/30 (1)	7,7	59,3	31,3
2	БН 90/10 (1)	2,2	69,9	32,3
3	БН 90/10 (2)	4,4	58,5	101,2
4	БН 70/30 (1)	0,1	67,1	60,0
5	БН 70/30 (2)	3,8	57,1	109,3
6	БНД 90/130 (1)	3,6	57,1	101,5
7	БНД 90/130 (2)	3,1	62,2	74,2
8	БНД 90/130 (3)	6,2	61,2	23,9
9	БНД 90/130 (4)	2,8	73,1	17,6
10	БНД 60/90 (1)	6,9	66,0	50,9
11	БНД 60/90 (2)	0,7	—	0,0
12	БНК 40/180 (1)	2,7	66,5	53,1
13	БНК 40/180 (2)	3,4	53,1	60,3
14	БНК 40/180 (3)	3,4	72,3	91,7
15	БНК 40/180 (4)	3,0	63,6	81,5
16	БНК 45/190	7,0	68,7	29,4

Зависимость температуры хрупкости битума от содержания в средней молекуле конденсированных нафтоароматических структур ($\Delta m_{530-700} ^\circ C$)



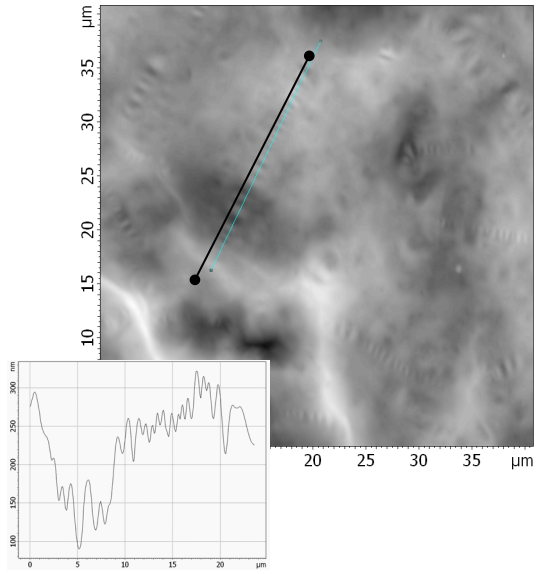
Термический анализ битума



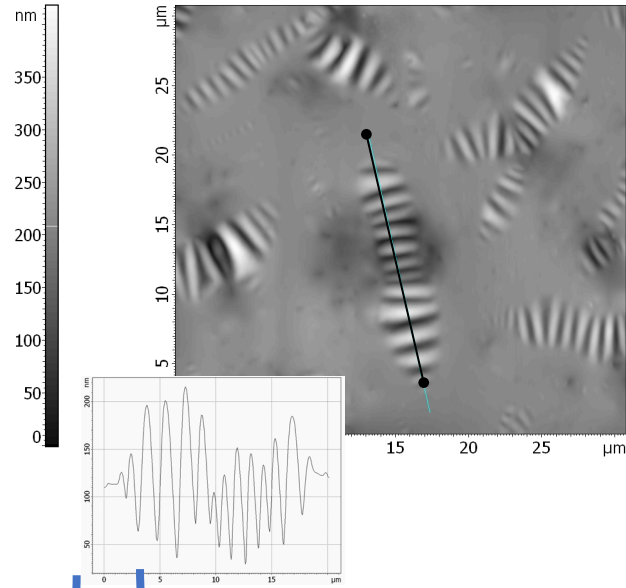
Δm_1 (20-410 °C) – испарение и окисление низкомолекулярных компонентов
 Δm_2 (410-530 °C) – отрыв боковых алкильных заместителей в конденсированных ароматических структурах
 Δm_3 (530-700 °C) – термическое окисление конденсированных структур

Изображения АСМ характерных поверхностей битумов

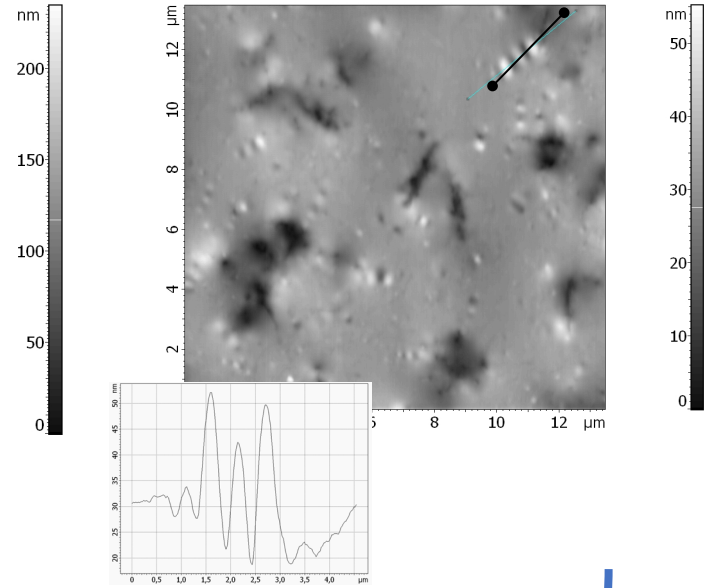
ТИП «гель»



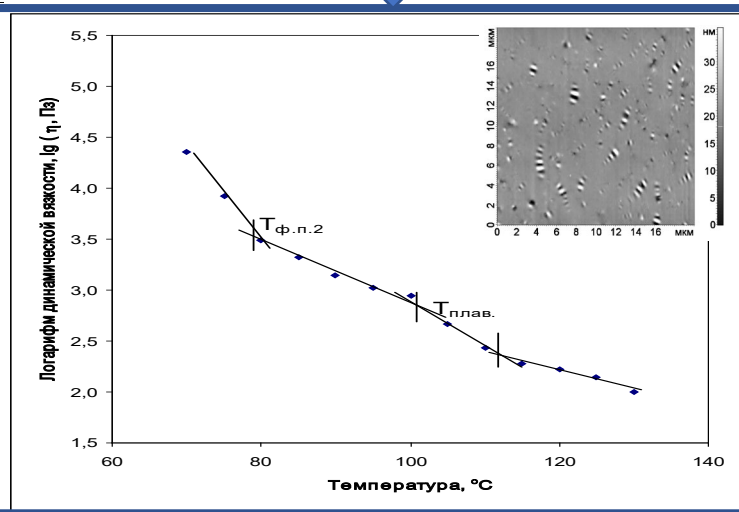
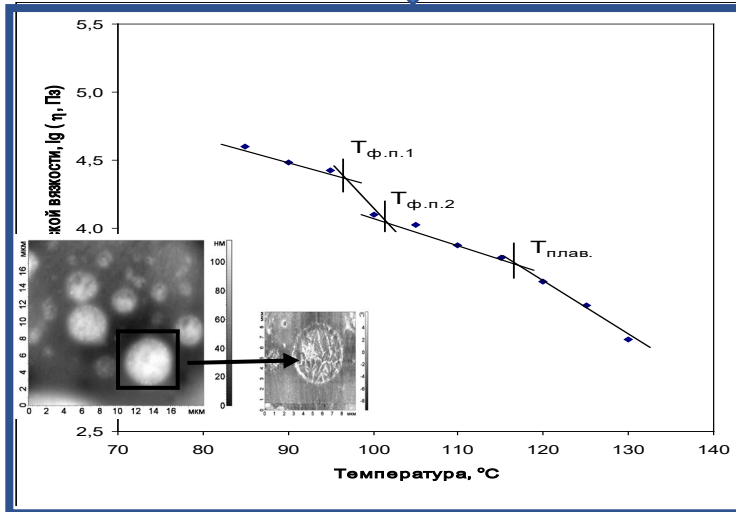
ТИП «золь-гель»



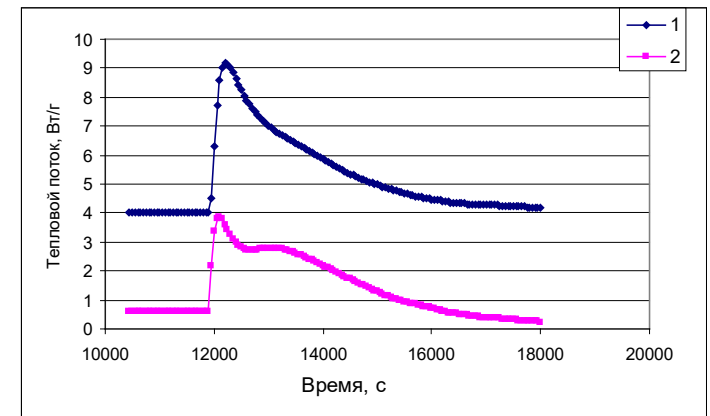
ТИП «золь»



ПБВ



Тепловые эффекты совмещения битумов «гель» (1) и «золь-гель» (2) типа с r-ПЭ модификатором



2. Тип и концентрация r-ПЭ

БПВ (50 образцов)

- 3 битума разного состава
- 3 вторичных ПЭ (r-ПЭВП, r-ЛПЭНП и r-ПЭНП)
- концентрация r-ПЭ 1-13%



	r-ПЭВП	r-ЛПЭНП	r-ПЭНП
Плотность, г/см ³	0.959	0.937	0.915
ПТР при 180°C, г/10 мин	0.36	1.77	2.34
Кристалличность α _c , %	54	33	31
Разветвленность, CH ₃ /1000C	2.2	14.9	42.7

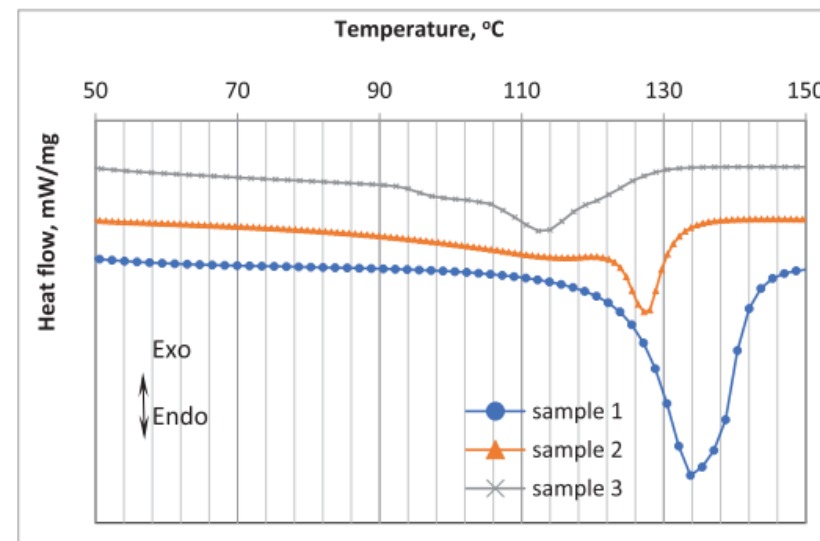
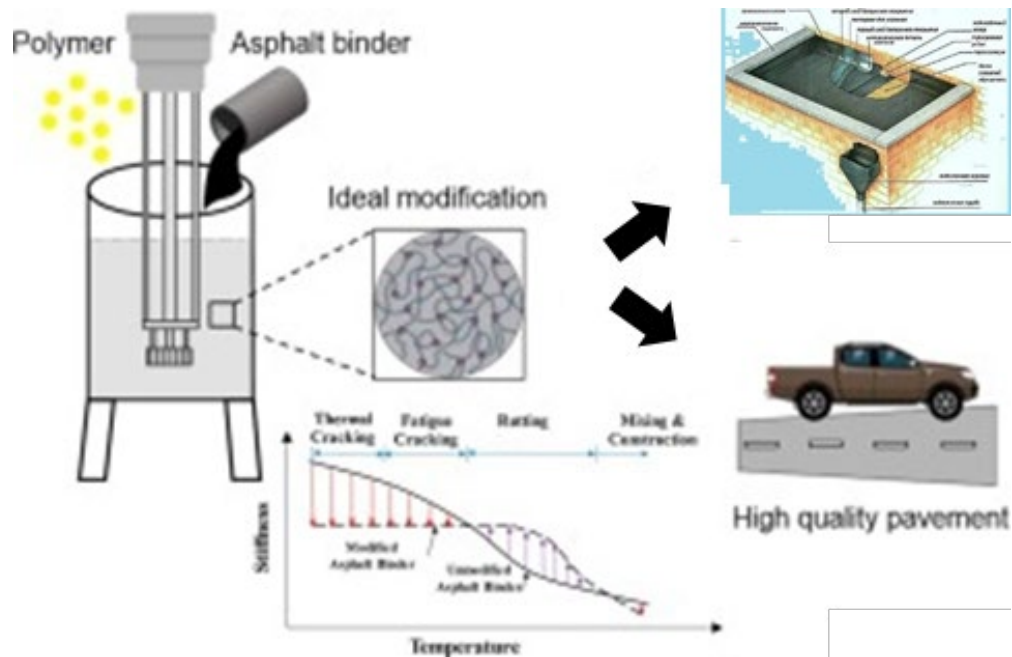
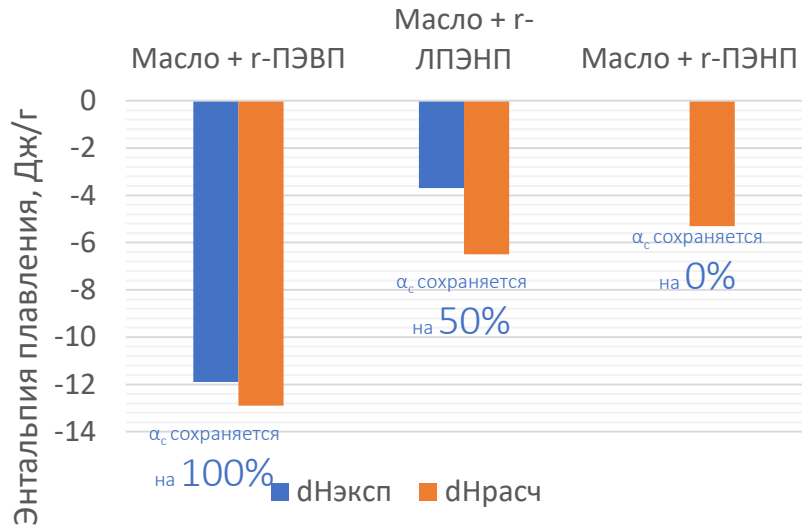
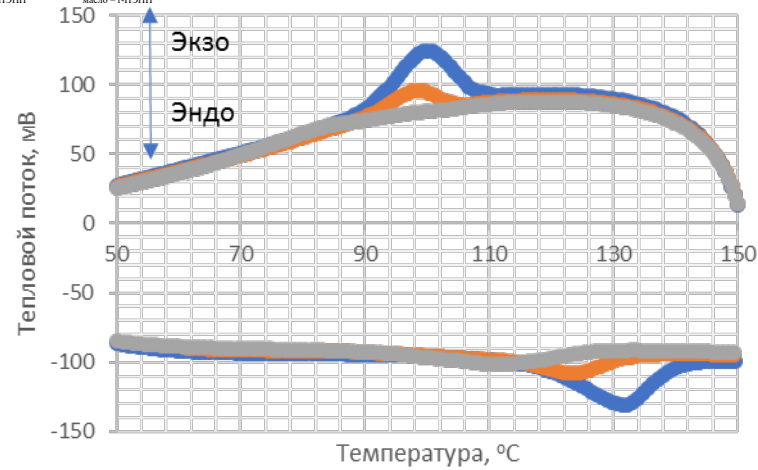


Fig. 1. Heat flow curves of r-PEs.

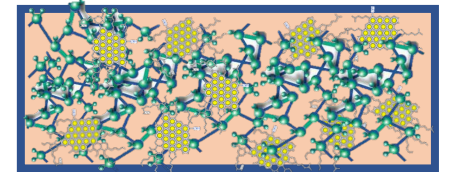
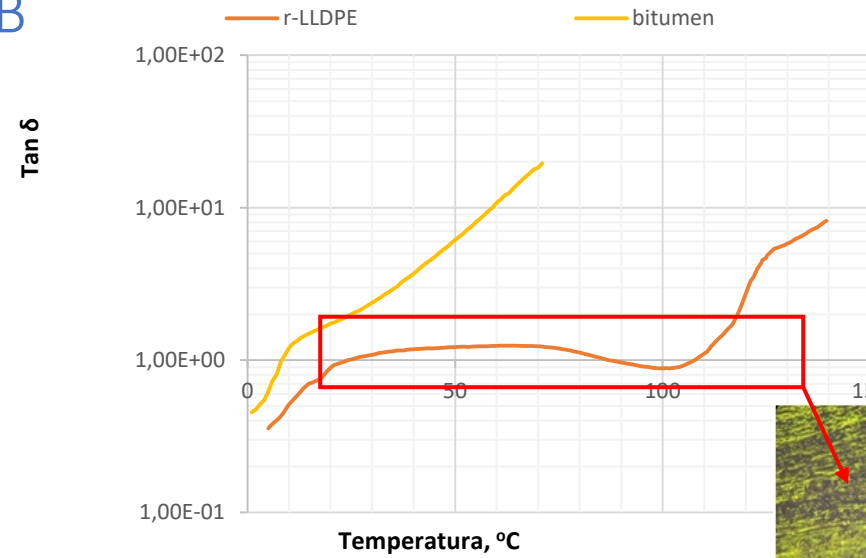
Смеси «масло – ПЭ»



● r-ПЭВП ● r-ЛПЭНП ● r-ПЭНП



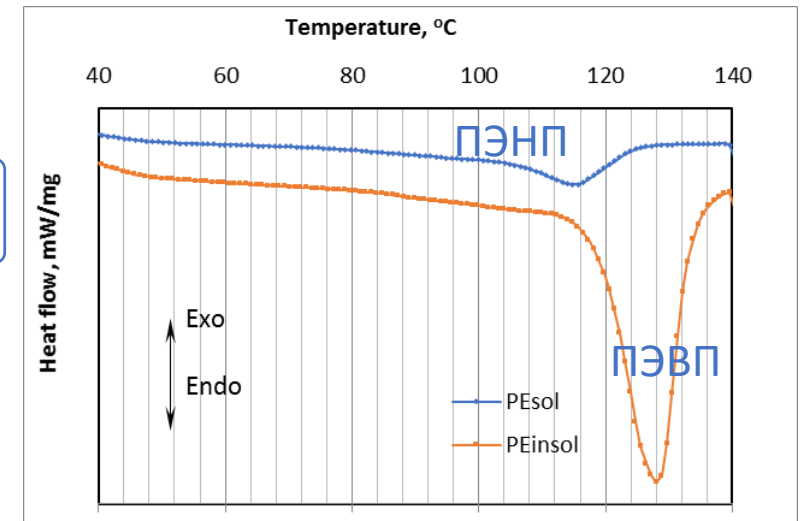
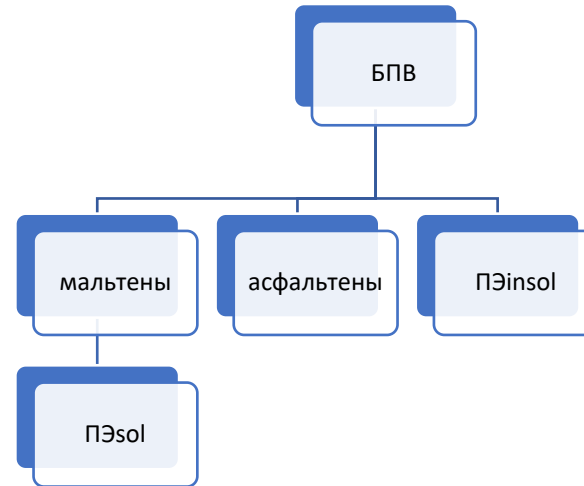
БПВ



полимерная сетка

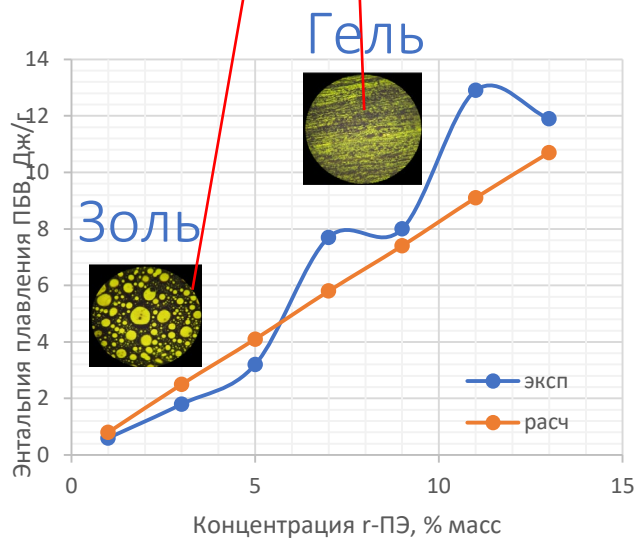
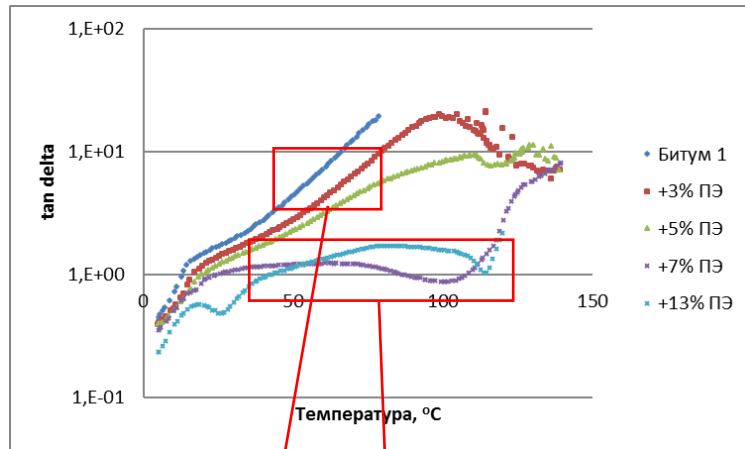


Схема разделение БПВ



Реологическое поведение БПВ

Рекомендации по получению БПВ



ПБВ r-ПЭНП, r-ЛПЭНП, r-ПЭВП до 3% масс

road contractions

**r-HDPE
r-LLDPE
r-LDPE**

ПБВ r-ПЭВП выше 5 % масс

phase segregation

ПБВ r-ЛПЭНП выше 5 % масс

polymer network

roofing materials

r-LLDPE

ПБВ r-ПЭНП выше 5 % масс

As base bitumen

Okhotnikova E.S., Ganeeva Y.M., Frolov I.N., Firsin A.A., Yusupova, T.N. Assessing the structure of recycled polyethylene-modified bitumen using the calorimetry method. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2019. V.138(2). P. 1243-1249.
Okhotnikova E.S., Ganeeva Y.M., Frolov I.N., Yusupova T.N., Fazylyzanova G.R. Structural characterization and application of bitumen modified by recycled polyethylenes. Construction and Building Materials. 2022. V. 316. 126118.

Спасибо за внимание