

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
ФГАОУ ВО "Северо-Восточный федеральный  
университет им. М.К. Аммосова"  
Специализированного учебно-научного центра (СУНЦ)



# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВЛЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН В СВЕРХВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЙ ПОЛИЭТИЛЕН НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Выполнил: Петров Марат, ученик 10 Физико-технического класса

Руководители: Соколов М.В., Оконешникова А.В..

г. Якутск, 2023

# Актуальность

---

Проблема эксплуатации техники в регионах с субарктическим климатом

Необходимость

в усовершенствовании морозо- и износостойких материалов для стабильной работы техники в Арктике и Севере





# Гипотеза

---

Введение **углеродного волокна** приведет к повышению физико-механических свойств СВМПЭ

## Новизна

состоит в использовании УВ марки "Белум" для повышения механических свойств при производстве полимерных композиционных материалов на основе СВМПЭ марки "GUR-4022"

# Цель

---

**Изучение** влияния добавления углеродных волокон на физико-механические и термодинамические свойства СВМПЭ.

# Задачи

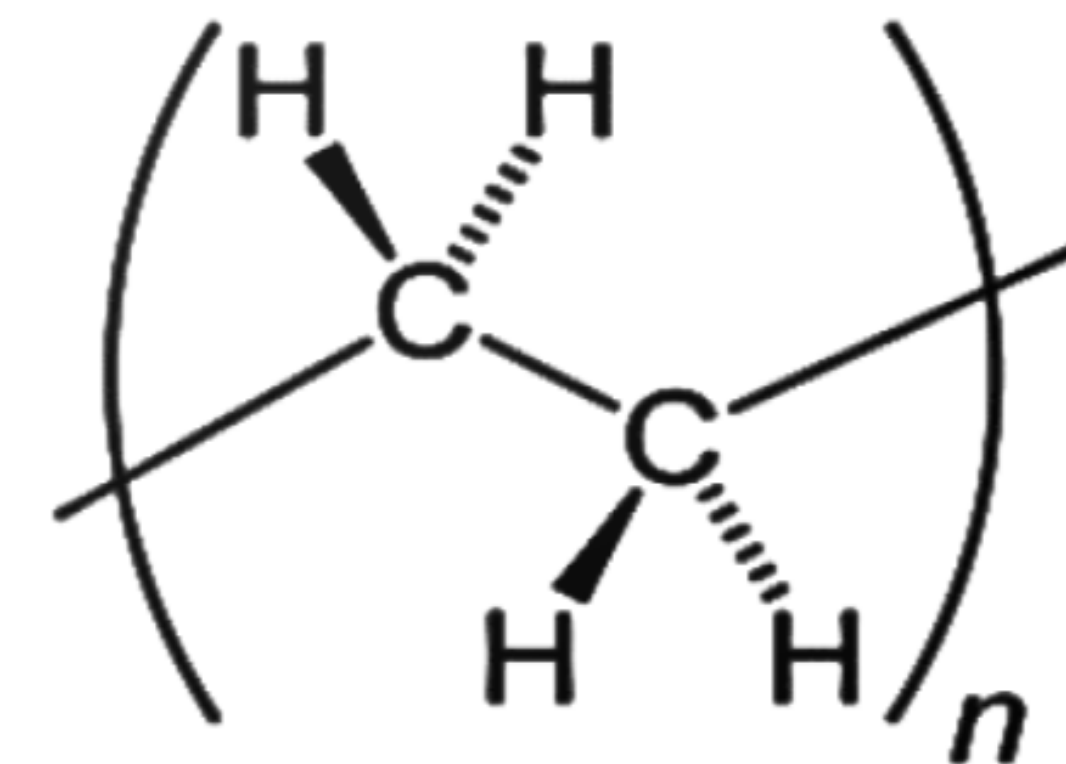
- 1** Провести обзор литературных источников
- 2** Освоить технологию получения полимерных композитов на основе СВМПЭ с УВ
- 3** Исследовать термодинамические измерения
- 4** Исследовать физико-механические свойства



# Объект исследования

---

Сверхвысокомолекулярный полиэтилен – это термопластичный полимер, конструкционный материал, пригодный для работы при низких температурах [1].



Celanese GUR-4022 (Китай)

Средний размер частиц - 145мкм

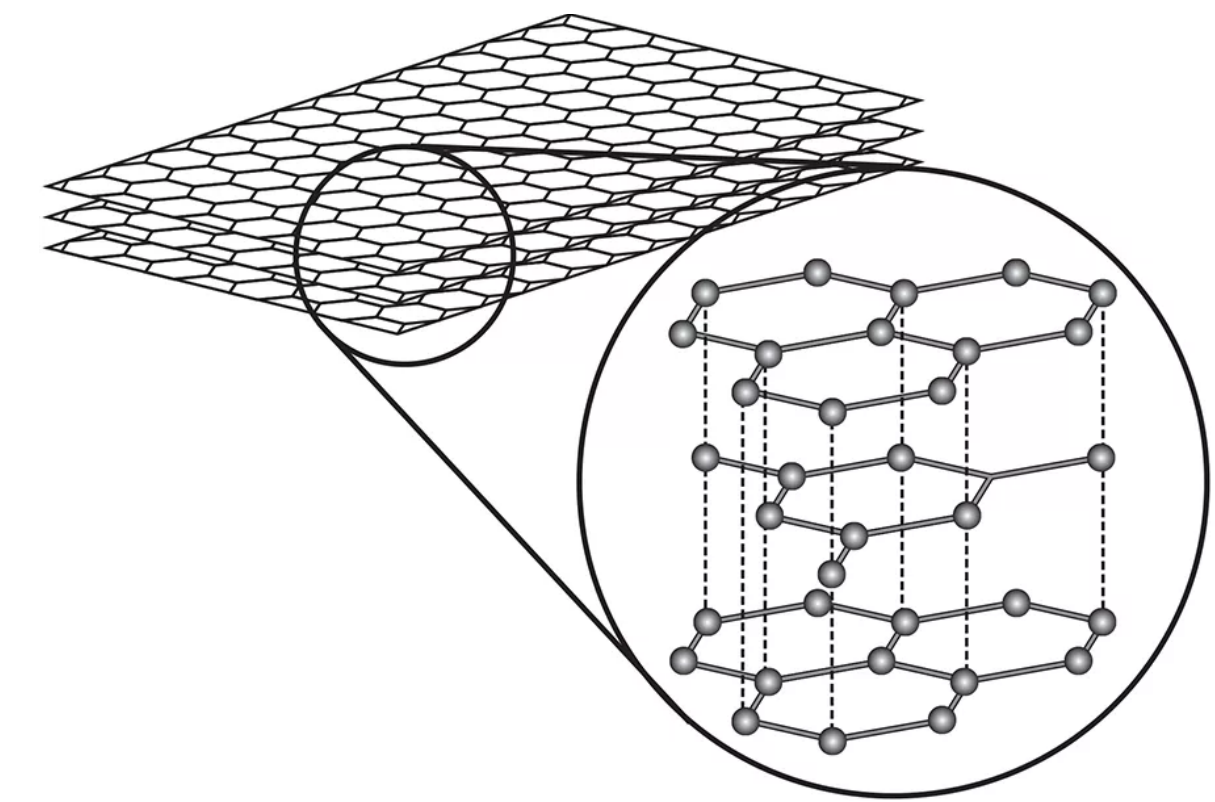
Молекулярная масса = 5 млн. г/моль

Температурный интервал  
эксплуатации от -260 до +120°

# Объект исследования

---

**Углеродное волокно** – материал, состоящий из тонких нитей, образованных атомами углерода. Атомы углерода объединены в микроскопические кристаллы, выровненные параллельно друг другу; выравнивание кристаллов придаёт волокну большую прочность на растяжение [2].



"СветлогорскХимволокно" Белум

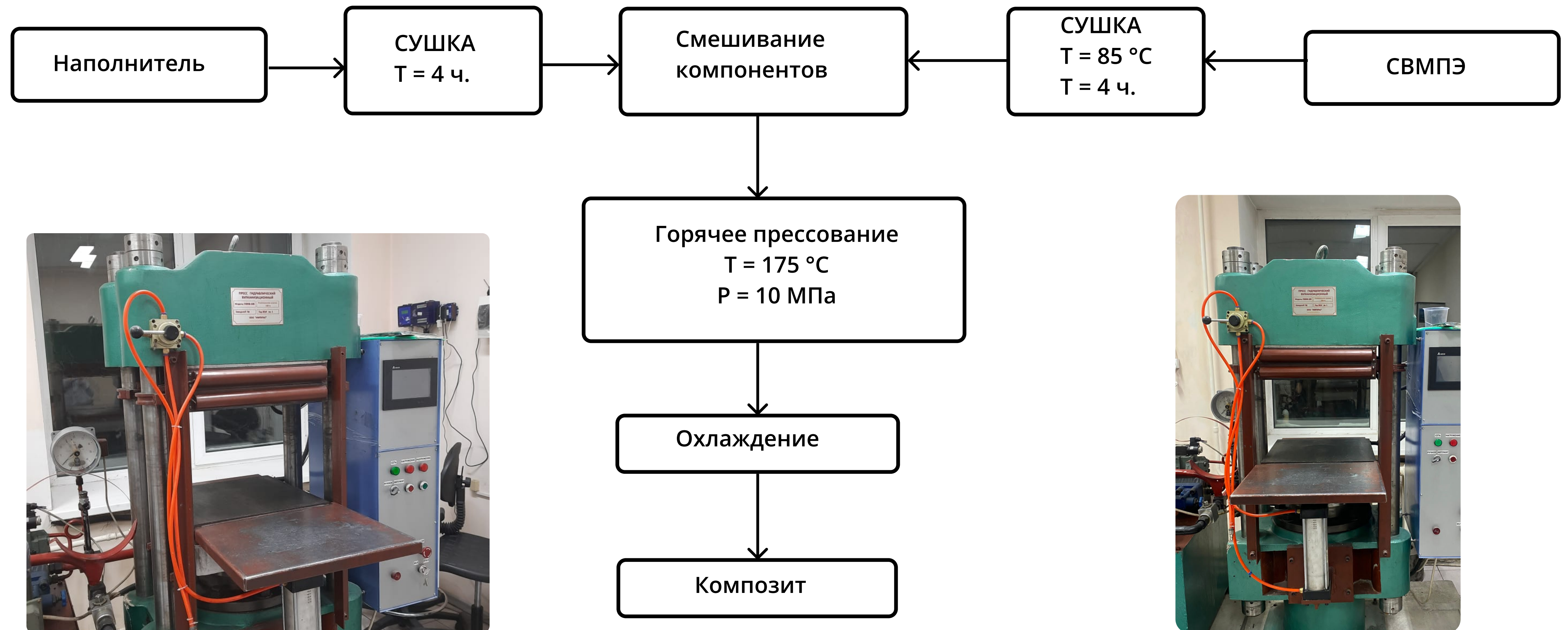
Плотность – 1,4-1,5 г/см<sup>2</sup>

Средняя длина – 65 мкм

Температурный интервал  
от – 20 до + 50°C



# Технологическая схема изготовления ПКМ





# Методы исследования

---

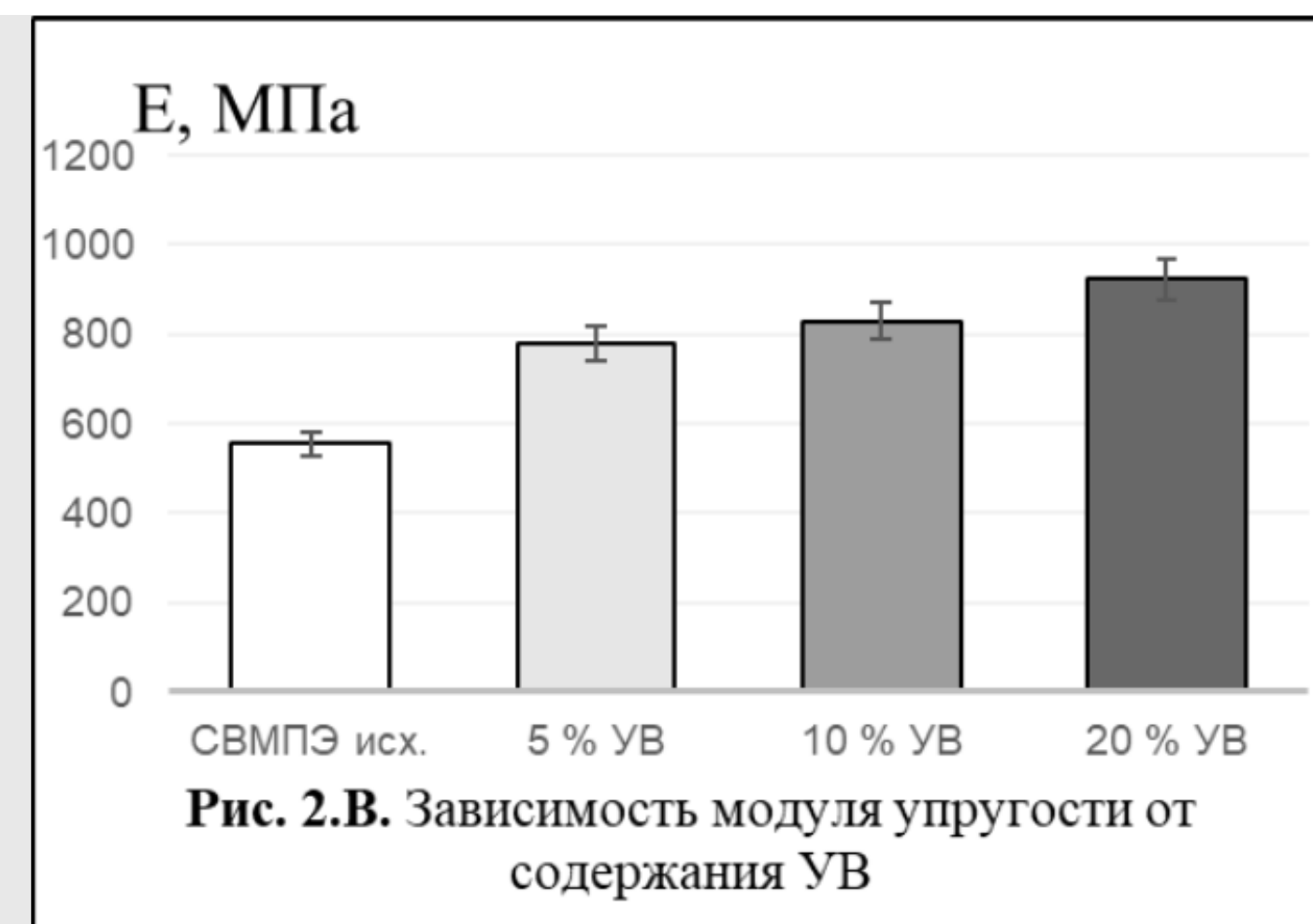
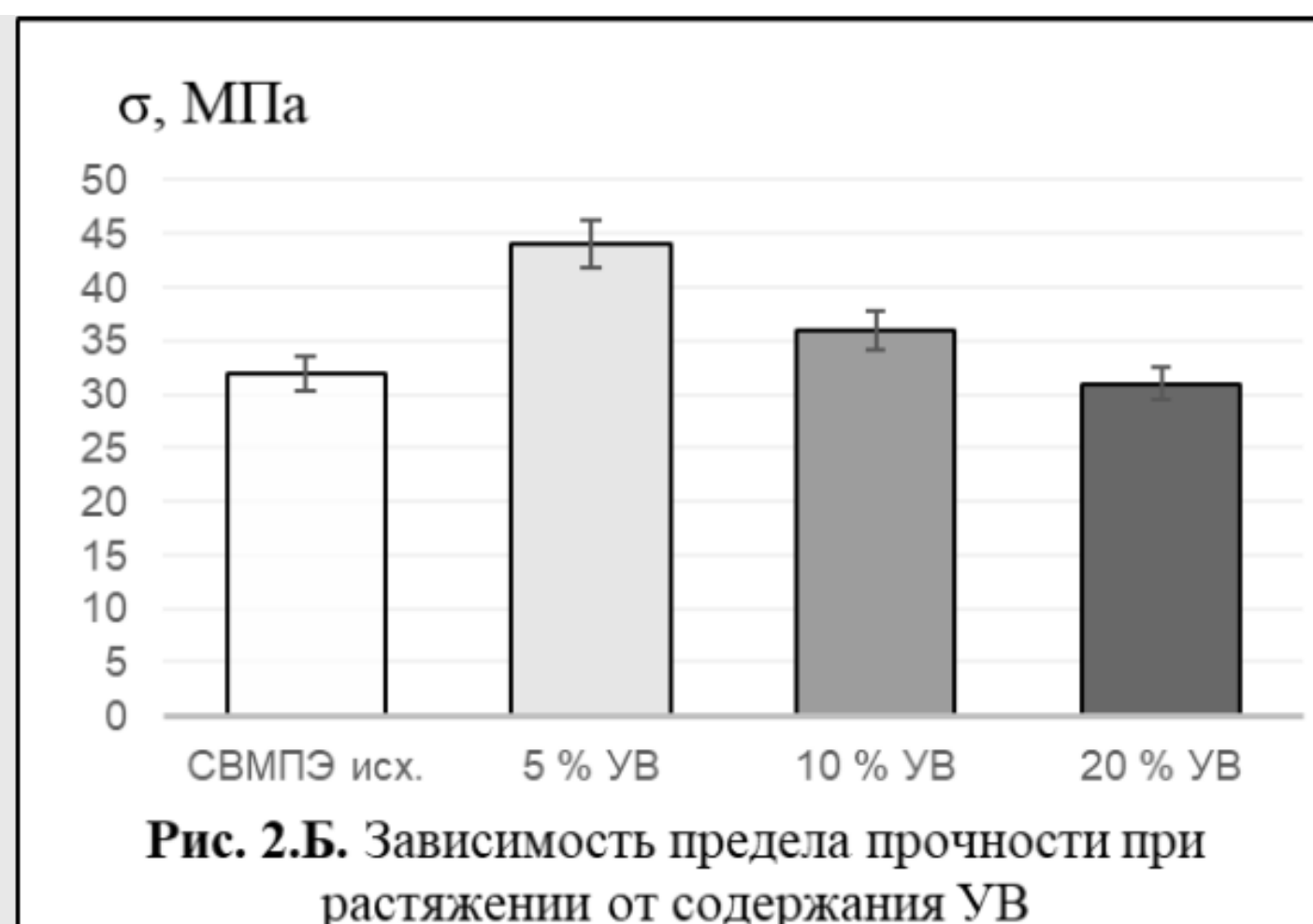
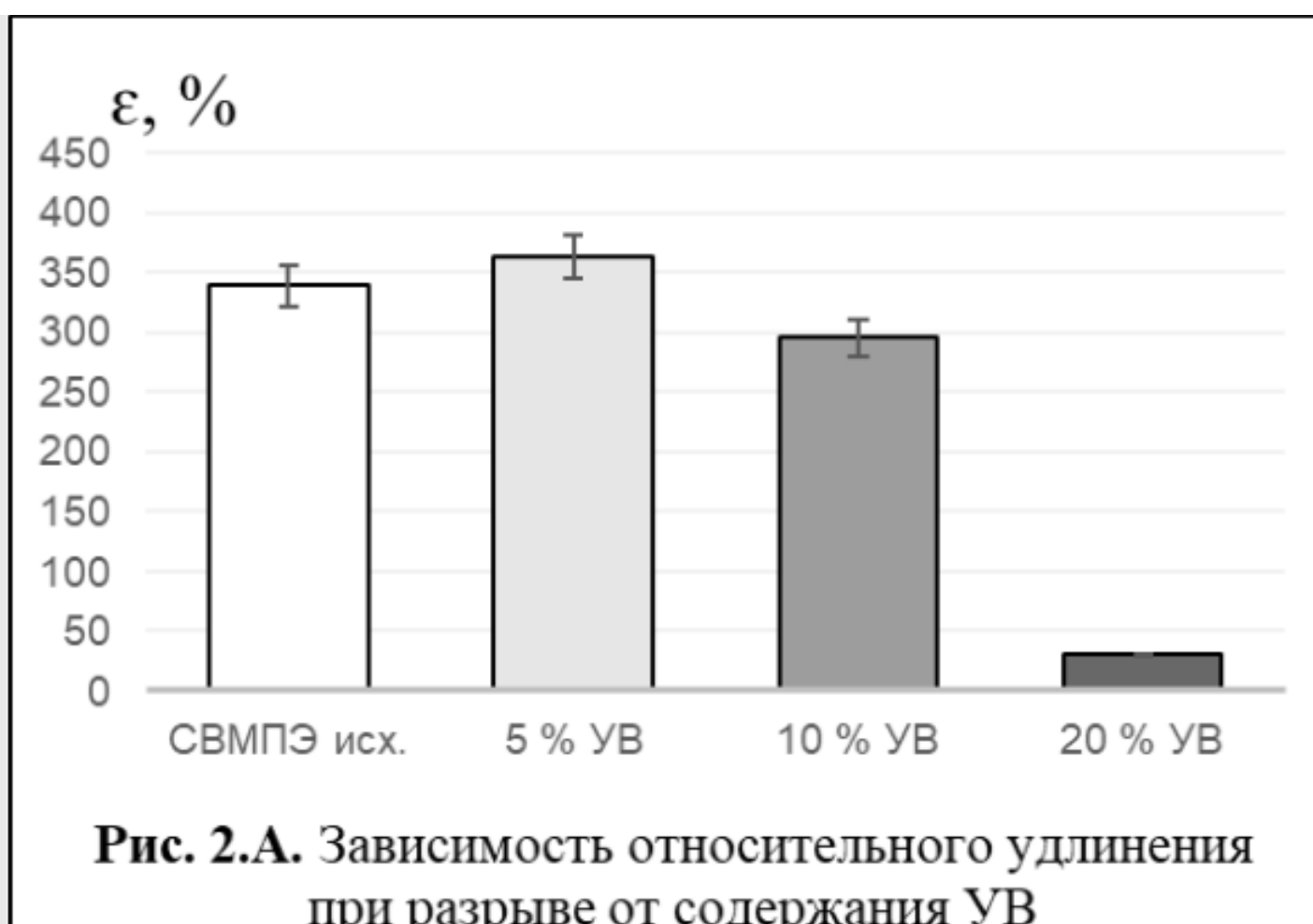


Универсальная разрывная машина  
Autograph AGS-J –  
Физико-механические свойства



Дифференциальная сканирующая  
калориметрия HP-DSC 1  
Термодинамические измерения

# Физико-механические свойства СВМПЭ + УВ



# Сравнение свойств ПКМ с другими наполнителями

	СВМПЭ +УВ(5%)	СВМПЭ +вермикулит(5%)	СВМПЭ +бентонит(5%)	СВМПЭ +нанографит(0,1%)
Относительное удлинение, %	360	330	330	490
Предел прочности, МПа	44	35	32	43
Модуль упругости, МПа	790	750	730	710



# Результаты ДСК

Концентрация	$T_{\text{нач.пл,}^\circ\text{C}}$	$T_{\text{пика.пл,}^\circ\text{C}}$	$\Delta H_{\text{пл, Дж/г}}$	$\alpha, \%$
СВМПЭ	133,8	144,7	166,5	56,81
СВМПЭ +5 УВ%	125,8	140,6	158,8	54,21
СВМПЭ +10 УВ%	126,2	141,3	147,9	50,48
СВМПЭ +20 УВ%	126,2	140,6	127,3	43,45

Выводы:

- **Наблюдается** уменьшение степени кристалличности
- **Понижение** начальной и пика температуры плавления

# Заключение

---

- Проведен анализ литературы.
- Освоены технологии получения ПКМ на основе СВМПЭ с добавлением УВ.
- Обработаны и проанализированы результаты термодинамических измерений в зависимости от изменений физических и химических свойств материалов под воздействием температуры во времени.
- Выявлено, что введение 5% УВ приводит к наибольшему повышению физико-механических характеристик материала. Предел прочности увеличивается на 37%, а модуль упругости на 40%.

# Литература

---

1. Анализ технологических процессов построения полимерных композиционных материалов / И.А. Гапонов, Е.С. Ваганова, [и др.] // ВУЗОВСКАЯ НАУКА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ. – 2021. – № 55. – С. 30–33.
2. Егоров Д.С. Использование углеродного волокна в строительстве / Д.С. Егоров, В.П. Хлопков // Молодой ученый. – 2020. – № 47. – С. 37–40.
3. Данилова С.Н. Разработка способов повышения адгезионной прочности между компонентами полимерных композиционных материалов: автореф. на соиск. уч. степ. докт. хим. наук.: 04.05.01. – г. Якутск, 2016. – 52 с.
4. Иванов В.В., Стручкова Т.С., Васильев А.П. Исследование влияние углеродных волокон и УПТФЭ на свойства политетрафторэтилена // Химические проблемы современности. – Донецкий национальный университет– г. Донецк, 2020. – С. 350–353.
5. Охлопкова А.А. Полимерные композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена, наполненного наночастицами оксида алюминия // Естественнонаучные исследования: итоги и перспективы развития. – г. Якутск, 2018. – С. 18–20.
6. Панин С.В., Алексенко В.О. Механические и триботехнические характеристики многокомпонентных твердосмазочных композитов на матрице сверхвысокомолекулярного полиэтилена // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – г. Томск, 2018. – С. 88–94.
7. Селютин, Г.Е. Композиционные материалы на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена: свойства, перспективы использования / Г.Е. Селютин, Ю. Ю. Гаврилов, Е.



Спасибо за внимание

К/Т 89148297207

Таблица 2

Механические характеристики СВМПЭ и композитов СВМПЭ + 5 вес. % Ф + n вес. % КУВ

Table 2. Mechanical characteristics of neat UHMWPE and composites "UHMWPE + 5 wt. % fl. + n wt. % CF"

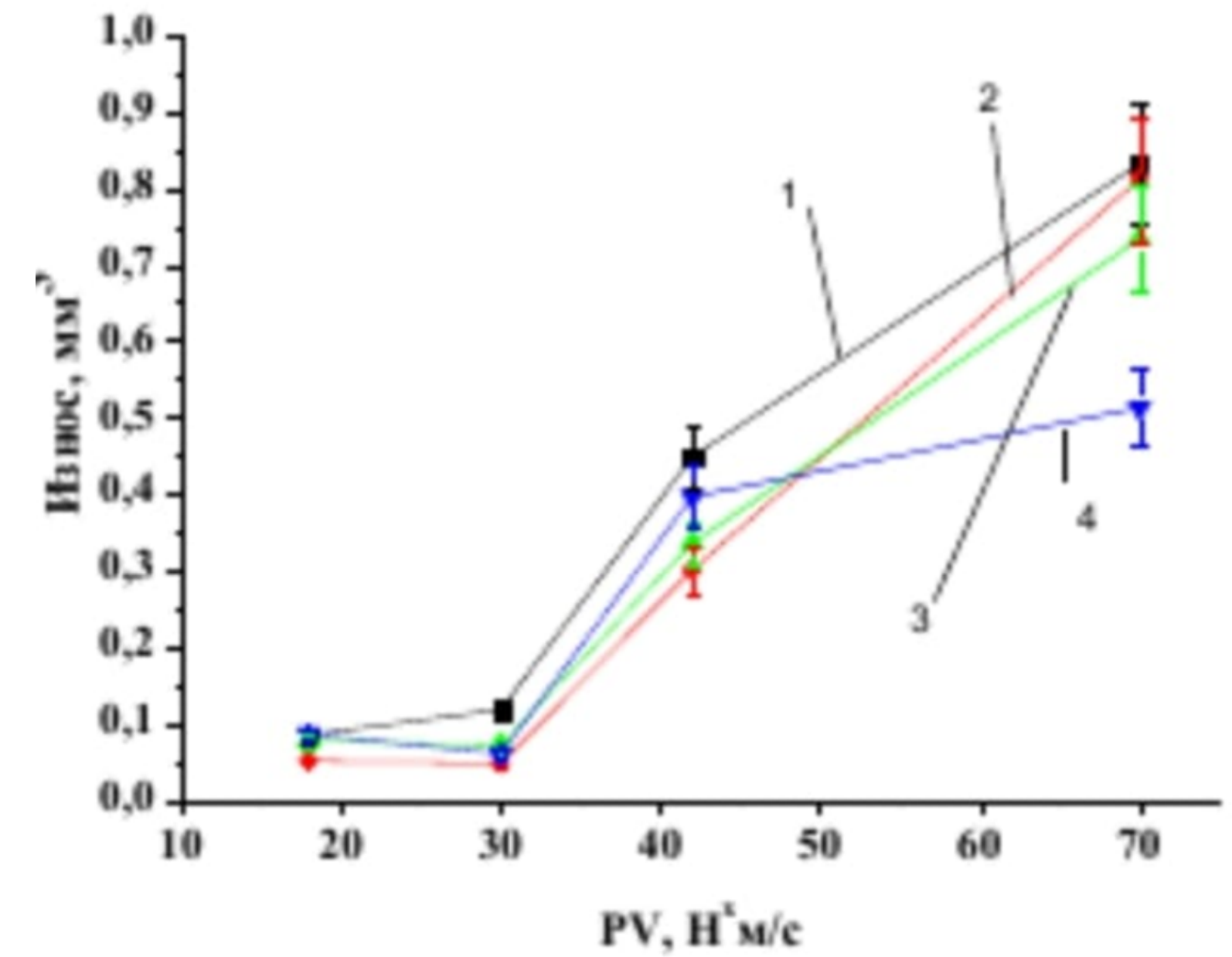
Содержание наполнителя, вес. %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Твердость по Шору D	Модуль упругости E, МПа	Предел текучести $\sigma_{0.2}$ , МПа	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа	Удл. до разруш., $\epsilon$ , %	Коэф. трения, $f_{тр}$
5%Ф+5% КУВ	0,99	57,2±0,7	750±59	20,8±1	35±4	405±26	0,083
5 % Ф +10 % КУВ	1,01	58,9±1,1	887±50	21±2,3	34±3	403±30	0,086
5 % Ф +20 % КУВ	1,06	61,6±0,8	1253±101	25,7±0,5	27,5±0,9	287±23	0,090
5 % Ф +10 % КУВ +10% HDPE-g-SMA	1,01	60,3±0,6	698±54	23,9±0,5	29,2±0,6	360±16	0,096

Таблица 1

Механические характеристики СВМПЭ и композитов "СВМПЭ + n вес. % Ф-4"

Table 1. Mechanical properties of UHMWPE and composites "UHMWPE + n wt. % fluorite"

Наполнитель Ф-4, вес. %	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Твердость Шор D	Модуль упругости E, МПа	Предел текучести $\sigma_{0.2}$ , МПа	Предел прочности $\sigma_b$ , МПа	Удлинение $\epsilon$ , %	Коэф. тр. $f_{тр}$
0	0,93	57,5 ±0,1	711 ±40	22,1 ±0,4	42,9 ±3,1	485 ±28	0,102
5	0,95	54,2 ±0,3	474 ±22	20,3 ±0,2	33,9 ±2	422 ±41	0,077
10	0,98	54,4 ±0,3	372 ±43	19,4 ±0,6	31,7 ±3,8	397 ±48	0,085
20	1,01	55,6 ±0,6	306 ±29	17,1 ±0,9	22,2 ±1,5	267 ±29	0,081



а

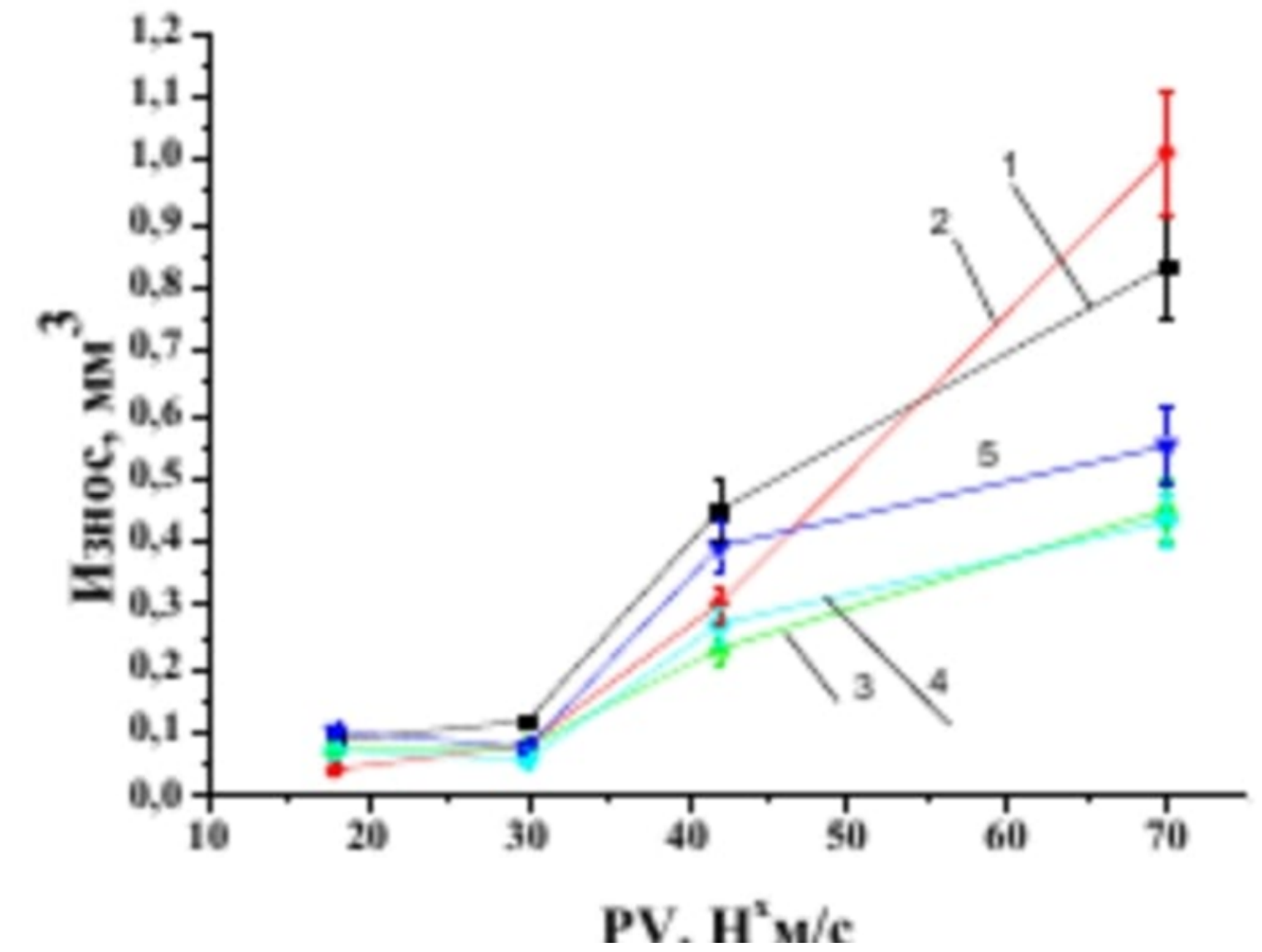


Рис. 2. Величина объемного износа (мм<sup>3</sup>) в течение 1 ч после трибониспытаний: (а) СВМПЭ (1), "СВМПЭ+5 вес. % Ф-4" (2), "СВМПЭ+10 вес. % Ф-4" (3), "СВМПЭ+20 вес. % Ф-4" (4); (б) СВМПЭ (1), "СВМПЭ+5 вес. % Ф-4+5 вес. % КУВ" (2), "СВМПЭ+5 вес. % Ф-4+10 вес. % КУВ" (3), "СВМПЭ+5 вес. % Ф-4+20 вес. % КУВ" (4), "СВМПЭ+5 вес. % Ф-4+10 вес. % КУВ+10 % HDPE-g-SMA" (5)