



**БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ**  
ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»  
Специализированный учебно-научный центр – Университетский лицей



# **ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА И УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА/СЕРПЕНТИНИТА**

Выполнила:

Быстрова А.Е. – СУНЦ СВФУ

Научные консультанты:

А.А. Ушканов, П.Н. Тарасова – младшие  
научные сотрудники лаборатории “Полимерные  
композиты для Севера” ХО ИЕН СВФУ

# Актуальность работы

## Карта Арктической зоны

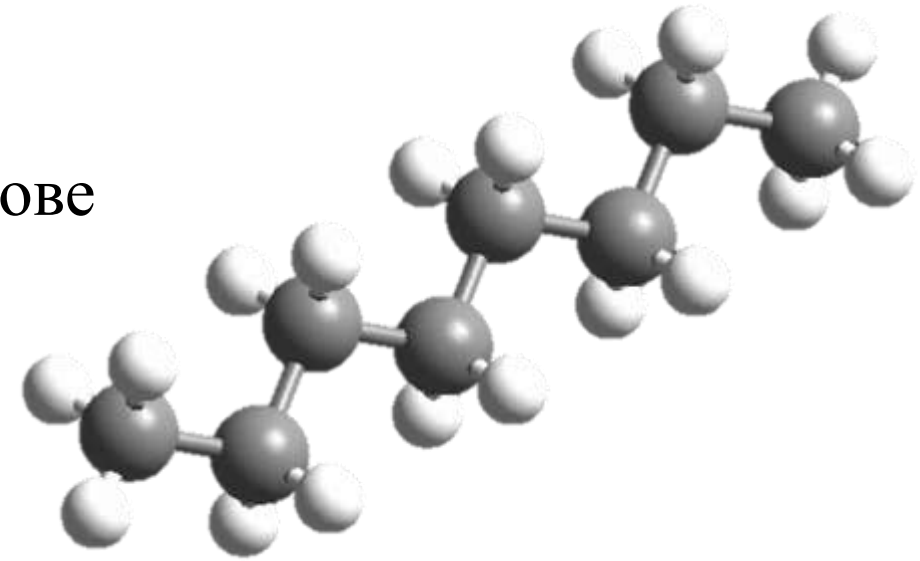
1. Мурманская область
2. Ненецкий автономный округ
3. Чукотский автономный округ
4. Ямало-ненецкий автономный округ
5. Республика Коми
6. Республика Карелия
7. Республика Саха (Якутия)
8. Архангельская область
8. Красноярский край



Создание полимерных композиционных материалов (ПКМ), эксплуатируемых в суровых условиях Арктики, является актуальной задачей современного материаловедения.

## Цель работы

Исследование свойств и структуры ПКМ на основе ПТФЭ и углеродного волокна/серпентинита.



## Задачи

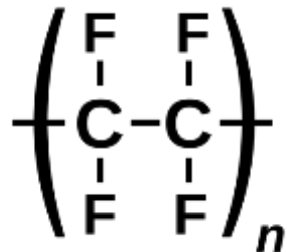
1. Исследование физико-механических и триботехнических свойств ПКМ;
2. Исследование надмолекулярной структуры ПКМ методом сканирующего электронного микроскопа;
3. Исследование поверхности трения ПКМ методами сканирующего электронного микроскопа и ИК-спектроскопии.

# Объекты исследования

## ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕН

### Достоинства:

- уникальная химическая инертность;
- термо- и морозостойкость (-70 до +270 °С);
- высокая прочность;
- низкий коэффициент трения.



### Недостатки:

- низкая износостойкость;
- высокий коэффициент линейного термического расширения;
- способность деформироваться при нормальных условиях даже при небольших нагрузках.

Приводит к снижению функциональных качеств изделий (частому ремонту) и к потере потребительской ценности.

# Объекты исследования

## Наполнители

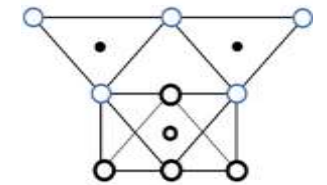
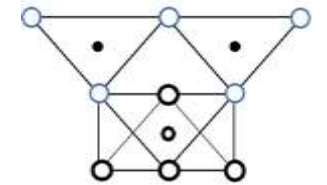
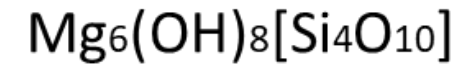
### Волокнистые

Модифицированные короткие углеродные волокна (УВ) марки «Белум» ОАО «Светлогорск Химволокно», Беларусь



### Дисперсные

Серпентинит (СП) Хамеловского месторождения Мурманской области



Serpentine

# Методы исследования

Физико-механические свойства композитов определяли на универсальной испытательной машине «Autograph AGS-J Shimadzu» (Япония). ГОСТ 11262-80



Надмолекулярную структуру и структуру поверхности трения ПКМ исследовали на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-7800F



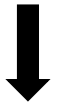
ИК-спектрометр с Фурье-преобразованием Varian 7000 FT-IR использовали с целью исследования структуры поверхности трения ПКМ

Триботехнические свойства определяли на высокотемпературном универсальном трибометре CETR UMT – 3 (США) по схеме трения «палец-диск»



# Технология изготовления образцов

**ПТФЭ**



Сушка при 180°C в течение 4 ч



Просеивание через сито



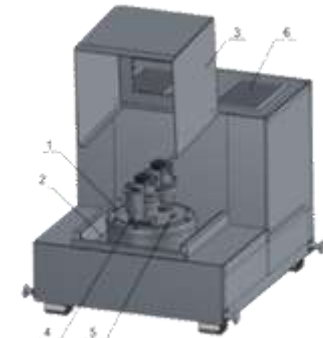
**Наполнители**



Сушка при 120°C в течение 4ч



**Только для серпентинита**  
Механоактивация в планетарной  
мельнице «Активатор – 2S», t = 2 мин  
Скорость вращения – 1356 об/мин



Смешение  
(лопастной смеситель)

140 об/мин



Формование  
(столбики, лопатки)



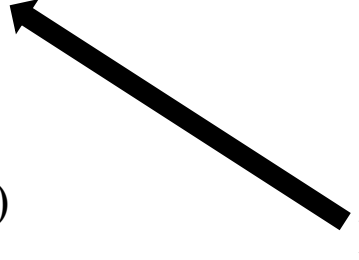
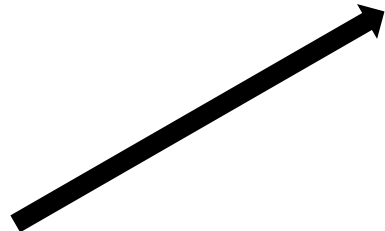
Спекание  
t = 4,5 ч; T = 375°C



Калибровка

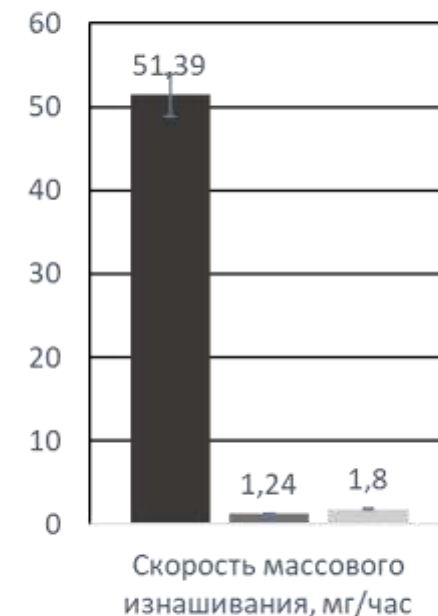
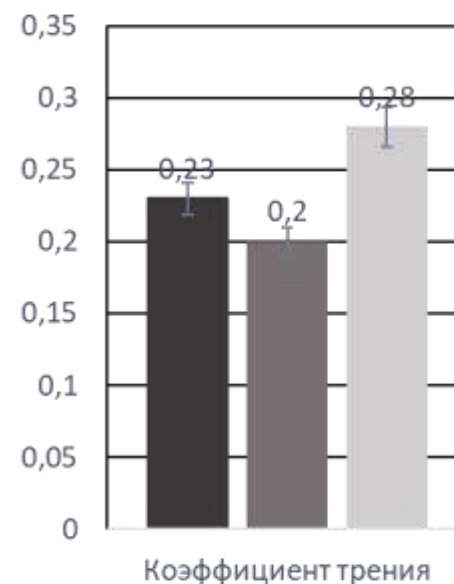
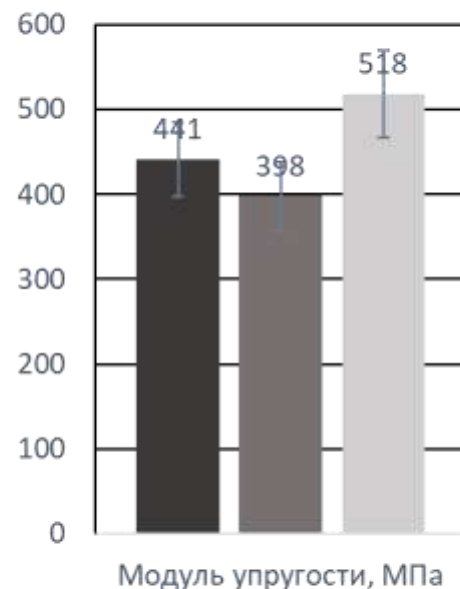
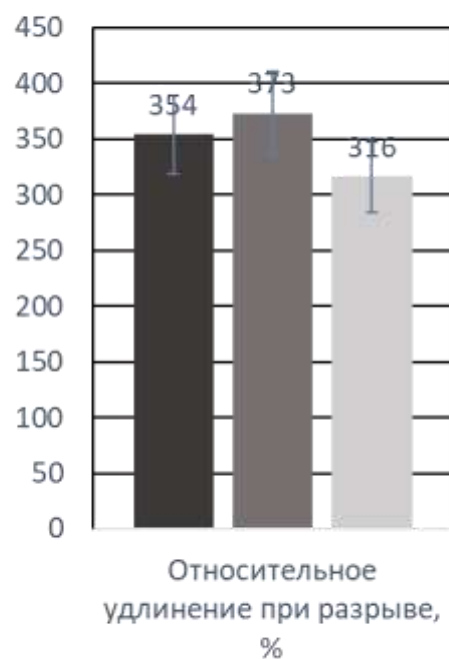
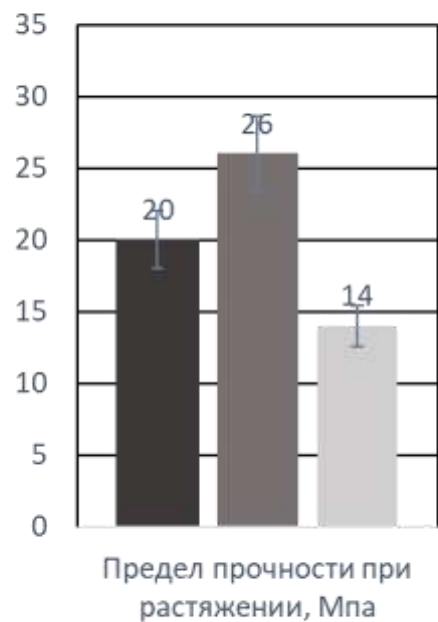


Образцы





# Диаграммы результатов исследования физико-механических и триботехнических характеристик



■ ПТФЭ исх.

■ ПТФЭ + 2%УВ

■ ПТФЭ + 2%СП



# Результаты исследования методом сканирующей электронной микроскопии

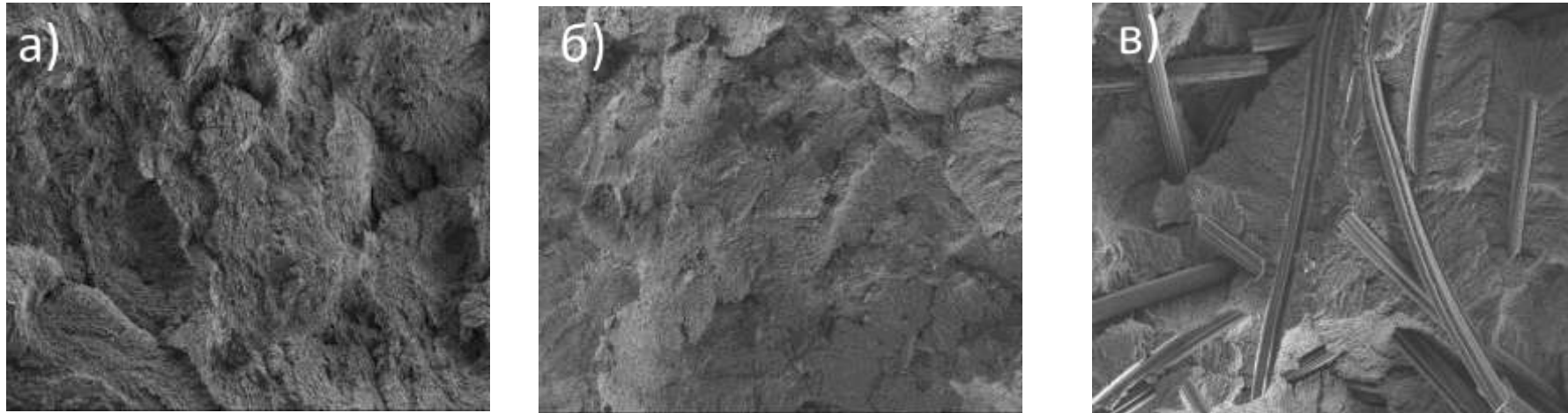


Рисунок 1 - Надмолекулярная структура (при увеличении  $\times 500$ ) ПТФЭ и ПКМ на его основе, содержащих:

а) ПТФЭ; б) ПТФЭ+2%СП; в) ПТФЭ+2%УВ

# Результаты исследования методом сканирующей электронной микроскопии

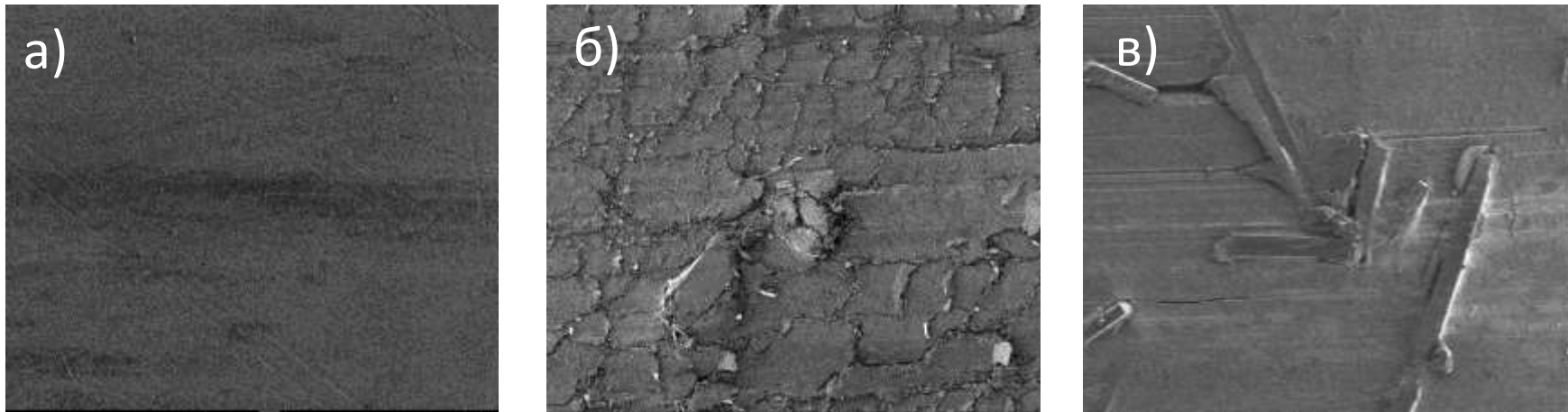


Рисунок 2 - Поверхность трения (при увеличении x500) ПТФЭ и ПКМ на его основе, содержащих:

а) ПТФЭ; б) 2 мас.% СП; в) 2 мас.% УВ

# Результаты исследования методом ИК-спектроскопии

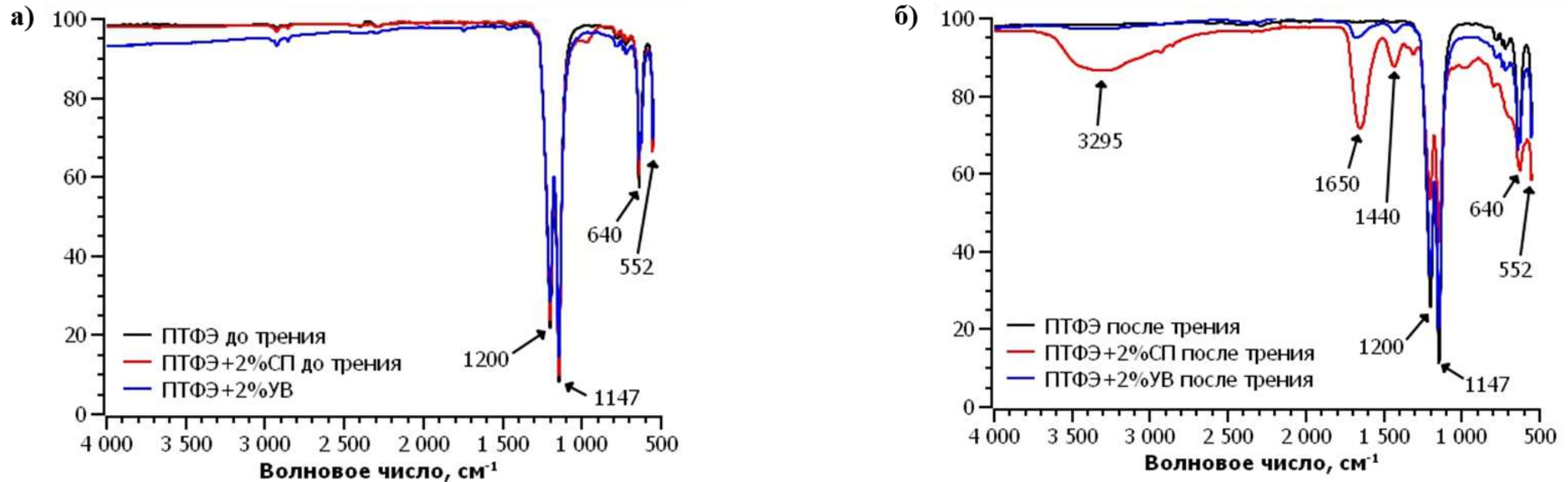


Рисунок 3 - ИК-спектры ПТФЭ и ПКМ на его основе до (а) и после (б) трения

# Сравнительная таблица

Состав	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Модуль упругости, МПа	$f$	Скорость массового изнашивания, мг/час
ПТФЭ	19,63	304,25	468,96	0,21	65
ПТФЭ+УВИС-АК-П 1мас.% [5]	20,72	344,74	621,68	0,39	0,39
ПТФЭ+ТРГ 1% [5]	22	389	576	0,22	82
ПТФЭ+УВ 2%	26	373	398	0,20	1,24
ПТФЭ+СП 2%	14	316	518	0,28	1,8

# Заключение

Таким образом, исследование свойств и структуры ПКМ на основе ПТФЭ и углеродного волокна/серпентинита позволило выявить следующие выводы:

1. Введение наполнителей позволило повысить износостойкость от 28 до 41 раза при сохранении и некотором увеличении физико-механических свойств.
2. При введении наполнителей наблюдается трансформация ленточно-полосчатой структуры ПТФЭ с образованием сферолитной структуры.
3. Установлено, что в процессе трения на поверхности трения композита происходит образование защитной пленки, состоящей из продуктов износа.

# Использованная литература

1. Васильев А.П. Разработка полимерных композиционных материалов на основе политетрафторэтилена с углеродными волокнами и природными наполнителями: каолином и вермикулитом – Якутск, 2020. – С.14-120
2. Васильев А. П. и др. Исследование влияния углеродных и базальтовых волокон с ультрадисперсным ПТФЭ на триботехнические свойства политетрафторэтилена //Южно-Сибирский научный вестник. – 2020. – №. 1. – С. 89-95.
3. Охлопкова А. А. и др. Влияние углеродных волокон и дисульфида вольфрама на свойства и структуру политетрафторэтилена //Полимерные материалы и технологии. – 2018. – Т. 4. – №. 3. – С. 26-34.
4. Sleptsova, S.; Lazareva, N.; Kapitonova, Y. Effect of Mechanically Activated Layered Silicate on the Properties and Structure of Polytetrafluoroethylene. Mater. Sci. Forum 2019, 945, 384–388.
5. Маркова. М.П; Готовцева. М.Е. Исследование композитов на основе ПТФЭ и углеродных наполнителей//Вестник науки и образования Северо-Запада России – 2017. - №.1. – С. 2-3.
6. Игнатьева, Л.Н. ИК-спектроскопические исследования политетрафторэтилена и его модифицированных форм / Л.Н. Игнатьева, В.М. Бузник // Российский химический журнал. – 2008. – Т. LII, № 3. – С. 139-146.

Спасибо за внимание!