



ЦНФМ

РАЗРАБОТКА . МОДЕЛИРОВАНИЕ . ВНЕДРЕНИЕ

N* Новосибирский
государственный
университет
***НАСТОЯЩАЯ НАУКА**

РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОАДДИТИВОВ



Проект НГУ: МУНТ и нанокompозитные материалы на их основе

Ключевые свойства



Электропроводность $\sim 10^{3-6}$ См/м
(сопоставима с металлами)



Теплопроводность ~ 3000 Вт/м·К
(Выше алмаза)



Прочность на разрыв ~ 60 ГПа
10x прочнее стали
Модуль Юнга: 0.3-1 ТПа
(прочнее углеволокна)



Удельная поверхность 200-400 м²/г
L/D ~ 1000

На данный момент в РФ существует запрос на передовые материалы для энергетики, авиакосмической нефтегазовой отраслей, создающий необходимость в нанокompозитных материалах собственного производства (углеродные нанотрубки).

Мировой объем и лидеры производства

Годовой объем (2024): 12000 -

18000 тон

Ожидаемый рост к **2030** – 50000 тон
(основное потребление –
электромобили)

CAGR of $\sim 15-20\%$ (2023-2030), \$10-25 billion by 2030

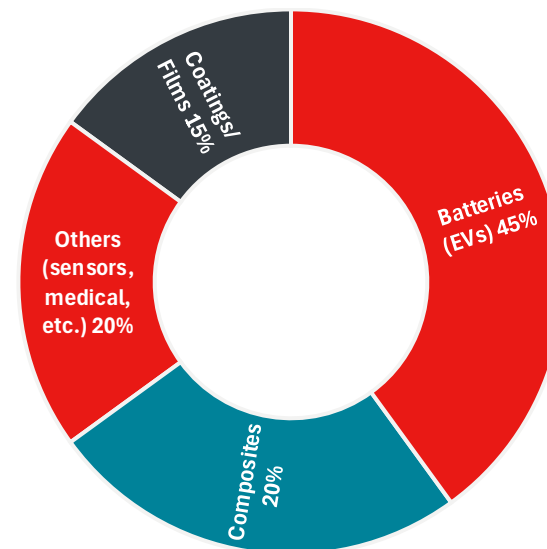
Ключевые производители по регионам:

Китай: $\sim 65\%$ общего объема,
(Cnano, Timesnano, SUSN Sinocarbon)

Южная Корея: LG Chemicals – лидер
отрасли МУНТ для электромобилей

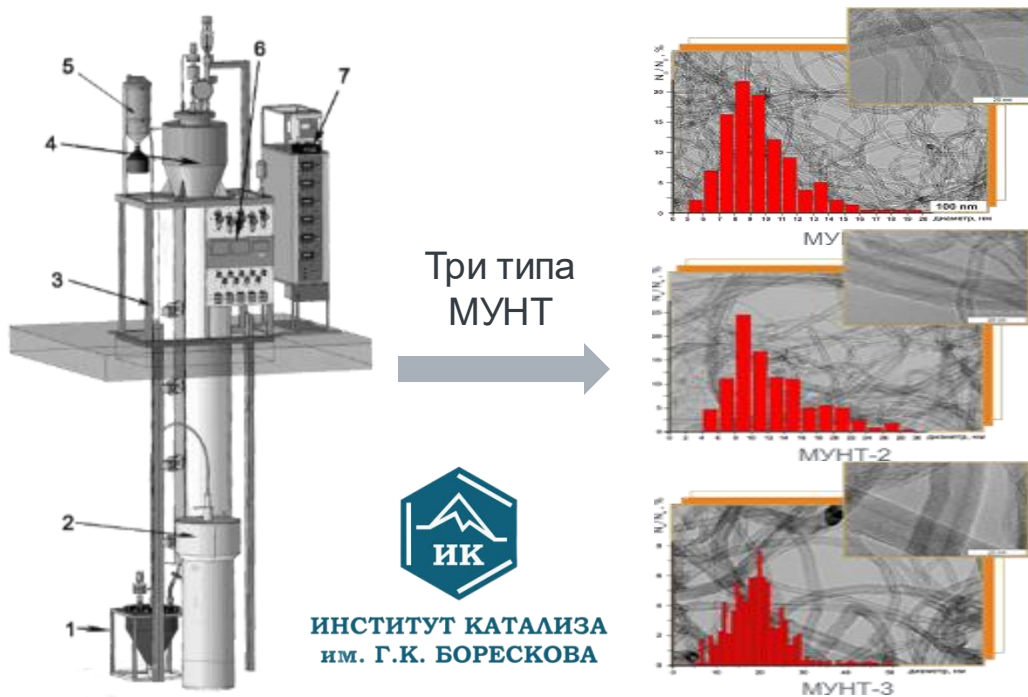
Америка, Европа: (Arkema, Cabot, Nanocyl)

Применения



Результаты проекта на текущий момент:

- Нанокаталитические системы для синтеза МУНТ
- Пилотная установка для отработки технологии получения МУНТ и наработки опытных образцов МУНТ, до 3 тонн в год
- Математическая модель синтеза МУНТ в реакторе с псевдоожиженным слоем
- Оптимизированы параметры работы реактора с учетом требований к чистоте продукта и максимальной производительности реактора
- Образцы различных типов МУНТ



Технология получения катализаторов и синтеза МУНТ (TRL=5-7)

Разработаны модификаторы на основе МУНТ:

- Концентраты МУНТ для реактопластов, термопластов, эластомеров
- Компаунды на основе МУНТ
- Высококонцентрированные суспензии в различных жидких средах для функциональных покрытий и батарей



- **МУНТ ИК СО РАН превосходят зарубежные аналоги** по электропроводящим свойствам в полимерных композитах



Высокодисперсные суспензии МУНТ: модификаторы поверхности армирующих волокон полимерных композитных материалов

- Позволяют создавать изделия из ПКМ с электропроводными свойствами повышенной прочности и улучшенными эксплуатационными характеристиками



«Модификация поверхности упрочняющих волокон ПКМ»

Резюме проекта

Разрабатываемое решение:

Суспензия УНТ, для нанесения на волокна полимерных композитных материалов

Преимущество решения:

- Придание электропроводящих свойств изделиям из стекло- и углепластика, а также кевларовых и базальтовых композитов в широком диапазоне сопротивлений $10^3 - 10^{10} \Omega \cdot \text{см}$
- Удовлетворение требованиям ГОСТ 31613-2012 «Электростатическая искробезопасность»
- Совместимость с технологическими процессами намотки, пултрузии, инфузии, ручной выкладки
- Высокая степень дисперсности углеродных нанотрубок, отсутствие концентраторов напряжения
- Улучшение физико-механических свойств композитов за счет увеличения границы раздела фазы и полимерной среды.
- Высокая экономическая эффективность – ультранизкие эффективные концентрации МУНТ (слой на границе полимер-волокно)

Суспензии МУНТ для покрытия армирующих волокон

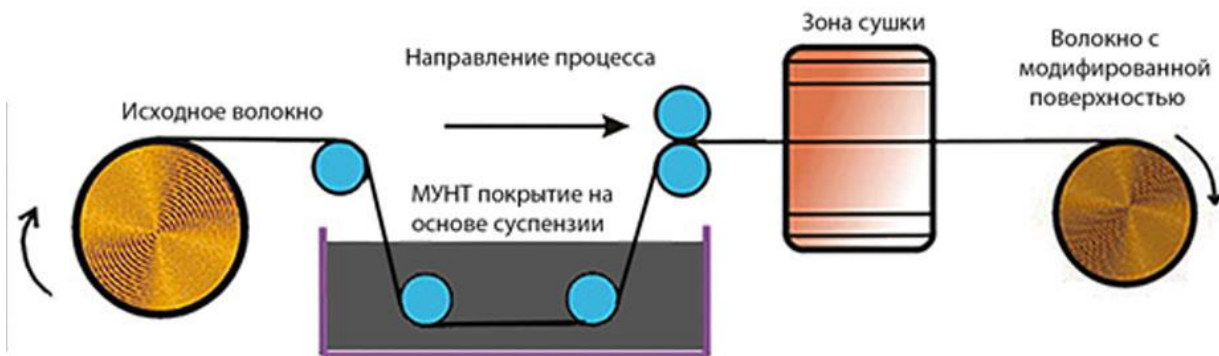
Разрабатываемый продукт:

- Суспензия УНТ в воде/сольвенте, с составом, обеспечивающим эффективную адгезию нанотрубок к поверхности волокон и полимерной матрицы

Применение:

- Покрытие МУНТ позволяет улучшить взаимодействие полимерной матрицы и волокон, повысить физико-механические свойства ПКМ;
- Простота использования суспензии МУНТ в тех. схеме производства - по аналогии с замасливанием волокон, либо совместив этапы
- Низкие эффективные концентрации МУНТ в композите за счёт распределения на границе раздела фаз
- Придание электропроводящих свойств диэлектрическим волокнам (стеклянное, базальтовое, арамидное)

Процесс модификации МУНТ поверхности армирующих наполнителей полимерных композитных материалов (ПКМ)



0,1 – 0,5 масс.% МУНТ к волокну
рабочая дозировка

150 – 750 тонн МУНТ в год
потенциал рынка

Объем рынка армирующих волокон в РФ >150 тыс. тонн

Стекловолокно:

- АО «Русатом Стекловолокно» - 57 000 тонн в год
- ООО «П-Д Татнефть-Алабуга» - 32 000 тонн в год
- ОАО «Завод стекловолокна» - 57 000 тонн в год

Углеволокно:

- ООО Алабуга-Волокно – 407 тонн в год
- ООО «Аргон» - 175 тонн в год
- ООО «ЗУКМ»- 14 тонн в год.

Базальтовое волокно:

- ООО «Каменный век» – 3900 тонн в год
- ООО «ПЗКИ» - 750 тонн в год
- ООО «Русский базальт» - 530 тонн в год

Арамидное волокно:

- АО «Каменсволокно»– 240 тонн в год
- АО «НПП «Термотекс»- 4 тонн в год
- ООО «Лирсот» - 4 тонн в год.

Суспензии МУНТ для стекловолокна: испытания продукта

Модификация стеклоткани МУНТ:

На стеклоткани (авиа) были протестирована суспензия – модификатор поверхности стекловолокна.
Расход МУНТ ~1г/м².

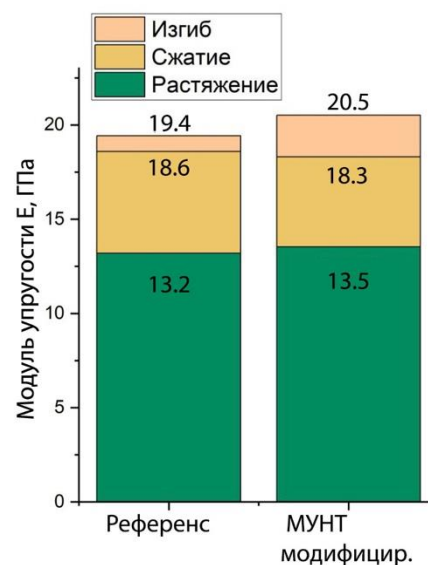
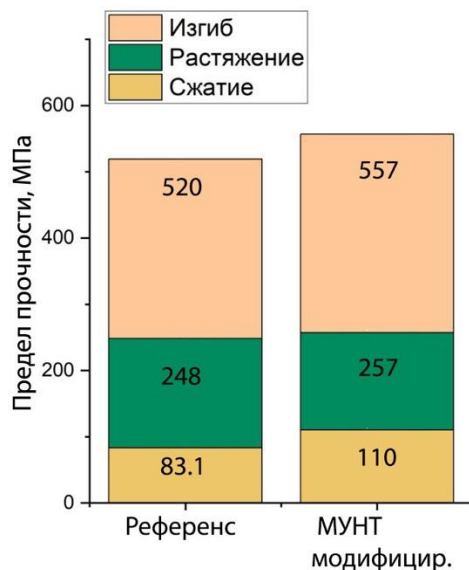
Полученные композиционный материал на базе эпоксидной смолы и модифицированной стеклоткани методом вакуумной инфузии обладает **антистатическими** свойствами ($R_s=10^5$ Ом/кв) и улучшенными **прочностными** характеристиками

Электропроводность

$$R_s = 10^5 \text{ Ом/кв}$$



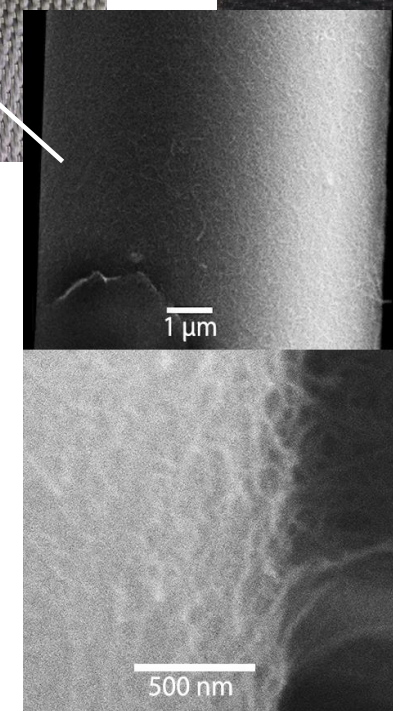
Физ.мех. параметры



Исходная и модифицированная стеклоткань



Стеклонаполненный эпоксидный композит.



Слой МУНТ на поверхности волокон