



**ЦНФМ**

РАЗРАБОТКА . МОДЕЛИРОВАНИЕ . ВНЕДРЕНИЕ

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

# РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОАДДИТИВОВ



# Концепция проекта

## Объекты инфраструктуры:

- Линия производства МУНТ производительностью от 90 тонн в год
- Центр разработки и исследования наномодифицированных материалов (прототипирования)
- Линии производства полупродуктов МУНТ, суспензии, концентраты, мастербатчи
- Линии производства МУНТ содержащих композиционных материалов

## Продукты:

- Многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ)
- Полупродукты МУНТ, суспензии, концентраты, мастербатчи
- Линейка наномодифицированных термопластов, реактопластов, резин, элементов химических источников тока (катод, анод)

## Сервисы:

- Разработка систем «материал + наноаддитив + технология»
- Производство пилотных партий МУНТ содержащих продуктов
- Образовательные программы Кафедры нанокompозитных материалов НГУ

## Ключевые партнеры:

ИК СО РАН  
МФТИ  
БТИ  
ВолгГТУ  
НИОХ СО РАН

# Ключевые свойства МУНТ



$\sim 10^6$  См/м

## Электропроводность

За счет создания трехмерной сети МУНТ полимерные материалы приобретают электропроводящие свойства, а также поглощают электромагнитное излучение в широком диапазоне длин волн



$\sim 100$  ГПа

## Прочность

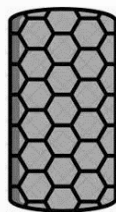
МУНТ предотвращают развитие трещин в полимерной матрице, повышая эксплуатационные характеристики материала, упругость и снижая фрикционные потери



$\sim 3000$  Вт/м·К

## Теплопроводность

МУНТ способствует повышению теплопроводности полимерной матрицы, что позволяет эффективно рассеивать тепловую энергию



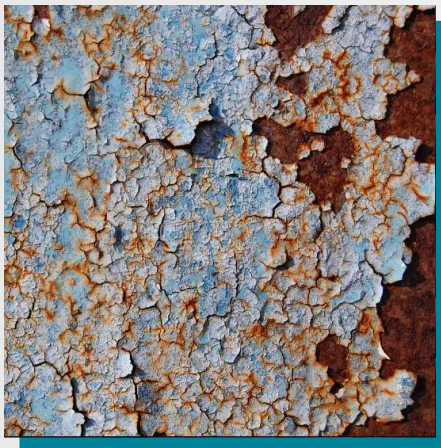
$L/D \sim 1000$

## Высокое аспектное соотношение

Благодаря высокому показателю длины к диаметру, эффективная дозировка МУНТ в материале начинается уже от 0,1%



# Применения МУНТ



## Функциональные покрытия

- Антистатические полы, краски, гелькоуты, металлопокрытия
- Электропроводящие грунтовки
- Экранирующие покрытия
- Антикоррозионные краски
- Износостойкие и трещиностойкие покрытия
- Покрытия с возможностью резистивного нагрева



## Композиты

- Препреги с повышенной трещиностойкостью и ударной прочностью для авто- и авиастроения
- Антистатические трубы для систем вентиляции шахт
- Полиэфирные SMC/BMC: антистатические корпуса для электроники, решетчатые настилы, люки, емкости, оснастка



## Термопласты

- Экранирующие/антистатические/электропроводящие конструкционные пластики с улучшенным физмехом
- Экструзионный токопроводящий слой силового кабеля
- Антистатические емкости методом ротационного формования
- Композиты с повышенной трещиностойкостью и ударной прочностью для авто- и авиастроения



## Шины и РТИ

- Легковые, грузовые, промышленные шины с улучшенными физико-механическими, динамическими и эксплуатационными свойствами
- Конвейерные ленты
- Приводные ремни
- Кольца, манжеты, сальники
- Профили, уплотнители
- Морозостойкие изделия (манжеты, кольца, муфты)



## Источники тока

- Нанокompозитные электродные материалы аккумуляторных батарей
- Катодный материал для LIB с улучшенными характеристиками
- Композитный Si/C анод для LIB с увеличенной емкостью и стабильностью при циклировании
- Электродный материал для суперконденсаторов (для батарей, электроавтомобилей, БАС, систем хранения энергии, электроники)



# Модификаторы на основе МУНТ

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





## Модификаторы для реактопластов

### Разработаны составы для ряда применений:

- концентрат МУНТ в эпоксидной смоле
- эпоксидный компаунд с МУНТ

### Область применения:

- Армированные полимерные композиционные материалы (ПКМ) на основе стеклянного и углеродного волокна с повышенной трещиностойкостью и ударной прочностью.
- Антистатические и электропроводящие краски и покрытия, покрытия с повышенной трещиностойкостью на основе эпоксидных смол (наливные полы, антикоррозионные покрытия, гелькоуты)

# Модификаторы для термопластов



## **Разработаны составы для ряда применений:**

- Концентрат МУНТ для полиолефинов (ПЭ, ПП)
- Концентрат МУНТ для инженерных пластиков (ПА6, ПК)
- Концентрат МУНТ для высокоэффективных пластиков (ПФС, ПЭС, ПЭЭК)

## **Область применения:**

- Антистатические и электропроводящие компаунды и изделия



# Модификаторы МУНТ для резин



## Концентрат МУНТ для резин на основе SBR, NR, BR.

Универсальная добавка для шин, РТИ.

**Преимущества:** Простота в использовании, новый компонент в рецептуростроении, механические свойства, электропроводность, сохранение динамических, реологических характеристик.

**Область применения:** Шинная, автомобильная, нефтегазовая, горнодобывающая промышленности.



## Концентрат МУНТ для резин на основе NBR, HNBR, FKM.

Универсальная добавка для РТИ.

**Преимущества:** Простота в использовании, новый компонент в рецептуростроении, механические свойства, электропроводность, сохранение реологических характеристик.

**Область применения:** нефтегазовая, горнодобывающая, машиностроение, авиационная, промышленности.



## Концентрат МУНТ для высоковязких и низковязких силиконов.

Улучшение электропроводящих и прочностных свойств РТИ из силикона.

**Преимущества:** Простота в использовании, механические свойства, электропроводность, сохранение реологических характеристик.

**Область применения:** Медицинская, автомобильная, нефтегазовая, горнодобывающая, энергетическая промышленности.



# Суспензии МУНТ



## Высокодисперсные водные суспензии для функциональных покрытий (4 типа)

- До 5% МУНТ
- Срок годности 6 мес
- Высокая коллоидная совместимость с различными связующими

### Область применения:

Антистатические покрытия, модификация наполнителей ПКМ, антистатические латексы, анодные материалы Li-батарей, экранирующие покрытия



## Высокодисперсные суспензии в растворителях (ацетаты, спирты)

- До 3% МУНТ
- Срок годности 3-6 мес
- Высокая коллоидная совместимость

### Область применения:

Антистатические покрытия, модификация наполнителей ПКМ, экранирующие покрытия, антикоррозионные покрытия



## Суспензия в NMP для Li-батарей

- До 5% МУНТ
- Срок годности 6 мес
- Состав, совместимый с электродами литиевых АКБ

### Область применения:

Модификация Катодного материала Li источников тока

# Темы для обсуждения

## **Выполнение работ этапа 2 проекта 3.24**

- Планирование и выполнение работ
- Закупка сырья, расходных материалов

## **Оборудование для реализации проекта. Требования к помещениям.**

- Требуемые участки, лаборатории (требования к помещениям)
- Оборудование закупленное на этапе 1
- Оборудования для выполнения этапа 2

## **Команда для выполнения работ по направлениям проекта.**

- Термопласты, реактопласты
- Резины, эластомеры
- Электрохимия
- Функциональные покрытия
- Аналитический блок

# Планирование и выполнение работ этапа 2

## Вариант 1 - Аренда помещений и оборудования OCSiAL

- Сформированные участки для производства, исследования полупродуктов МУНТ, суспензий, концентратов, мастербатчей
- Готовые технологические линии для получения наномодифицированных термопластов, реактопластов, резин, элементов химических источников тока (катод, анод)
- Закупка сырья и материалов (список сформирован)
- Все экспериментальные работы будут выполнены сотрудниками ЦНФМ НГУ

## Вариант 2 - Закупка оборудования, поиск помещений

- Выделенное количество средств на закупку оборудования – 60 – 70 млн. руб, запланированная сумма 115 млн. руб
- Список единиц оборудования сформирован (находится в работе компаний – научное оборудование, текса)
- Сроки поставки сложного оборудования 6-9 месяцев
- Помещения ЦНФМ НГУ (ВКИ), могут быть использованы для размещения части оборудования
- Поиск необходимых помещений
- Закупка сырья, материалов (список сформирован)
- экспериментальные работы будут выполняться соисполнителями проекта (МФТИ, ВолгГТУ, БТИ, НИОХ)



# Планирование и выполнение работ этапа 2

№	Наименование работ	ноя.24	дек.24	янв.25	фев.25	мар.25	апр.25	май.25	июн.25
2.2.1.	Разработка проекта технического задания на проектирование линии получения полупродуктов и полимерных композитов МУНТ на основе реактопластов, термопластов и эластомеров								
2.2.2.	Приобретение оборудования для получения МУНТ-содержащих полупродуктов, суспензий и суперконцентратов с заданными параметрами и модифицированных материалов								
2.2.3.	Проведение патентного поиска по базовым технологиям производства катализаторов для синтеза МУНТ и МУНТ-содержащих суперконцентратов и суспензий								
2.2.4.	Разработка требований к морфологии и физико-химическим свойствам получаемых МУНТ-для применения в полупродуктах: суспензиях и суперконцентратах								
2.3.1.	Исследование композиционных материалов для элетрохимических источников тока, модифицированных МУНТ с различной морфологией, МФТИ								
2.4.1.	Исследование резин, модифицированных МУНТ с различной морфологией, ВолГТУ								
2.5.1.	Исследование композиционных материалов на основе эпоксидных смол, эластомеров, модифицированных МУНТ с различной морфологией, БТИ								
2.6.1.	Синтез дисперсантов для УНТ (опытная партия 1 по ТЗ заказчика) НИОХ								



# Планирование и выполнение работ этапа 2

2.2.4. Разработка требований к морфологии и физико-химическим свойствам получаемых МУНТ-для применения в полупродуктах: суспензиях и суперконcentратах.

- 2.2.6 Исследование композиционных материалов для электрохимических источников тока, модифицированных МУНТ с различной морфологией
- 2.2.7. Исследование резин, модифицированных МУНТ с различной морфологией
- 2.2.8. Исследование композиционных материалов на основе эпоксидных смол, эластомеров, модифицированных МУНТ с различной морфологией

## Статус выполнения работ

Сформированы технические задания содержащие полное описание экспериментальных работ

Проведена серия подготовительных экспериментов

Отработаны методики введения МУНТ для исследования морфологии МУНТ

Сформирован перечень оборудования

Составлен перечень материалов для проведения работ

Соисполнители: ВолгГТУ, МФТИ, БТИ

# Требуемые участки/лаборатории

## Лаборатория общей химии

- Модификация материалов нанодобавками;
- Исследование электрических, физико-механических свойств;
- Работа с рецептурами композиционных материалов;
- Анализ реологических свойств и морфологии;

**Оборудование:** шкафы вытяжные, гомогенизаторы, вискозиметры, лабораторное оборудование, сушильные шкафы, мешалки, микроскопы.

**Требования:** 20-30 кВт, 80-100 м<sup>2</sup> коммуникации – Вода, воздух, канализация, приточно-вытяжная вентиляция

## Центр прототипирования

- Модификация термопластов, реактопластов, эластомеров нанодобавками;
- Работа с рецептурами клиентов;
- Разработка полупродуктов, концентратов УНТ
- Исследования электрических, физико-механических и динамических свойств композиционных материалов;

### Оборудование:

экструдер, ТПА, валковые мельницы, сушильные шкафы, смесители закрытого типа, пресса, разрывная машина, литьевые машины, крупное испытательное оборудование.

**Требования:** 120-140 кВт, 120-140 м<sup>2</sup> коммуникации – Вода, воздух, канализация, приточно-вытяжная вентиляция

## Лаборатория электрохимии

- Сборка рецептур электрохимических источников тока.
- Разработка состава суспензии наноуглеродного материала
- Сборка тестовых электрохимических ячеек (Нанесение, сушка, вырубка электродов, прессование, запайка ячейки) и тестирование их свойств (импеданс, циклируемость, емкость и др.)

### Оборудование:

Чистая комната, перчаточный бокс, смесители, диспергаторы высокого давления, ротор-статор, линия сборки и тестовый стенд электрохимических ячеек.

**Требования:** 100-120 кВт, 80-100 м<sup>2</sup> коммуникации – Вода, воздух, канализация, приточно-вытяжная вентиляция, система кондиционирования

## Аналитическая лаборатория

- Раман-спектроскопия (анализ свойств наноуглерода)
- Анализ полимерных связующих методами ДСК, ДМА, ТГА
- Спектрофотометрия (UV-VIS-NIR).
- Анализ текучести расплава (ПТР).
- Анализ динамических свойств резин.

**Требования:** 15-20 кВт, 40-60 м<sup>2</sup> коммуникации – Вода, воздух, канализация, приточно-вытяжная вентиляция

## Складские помещения

- Склад ЛВЖ
- Склад сырья и материалов
- Склад готовой продукции

**Требования:** кВт, 50 м<sup>2</sup>, канализация, приточно-вытяжная вентиляция

## Офисная часть

- Переговорка
- Кабинеты
- Офисная часть общего пользования

**Требования:** 5 – 10 кВт, 75 м<sup>2</sup>, канализация, приточно-вытяжная вентиляция, система кондиционирования

## Шумоизолированные комнаты

- Разработка суспензий
- УЗ-приборы
- Помещения свободного назначения

**Требования:** 5 – 10 кВт, 15-30 м<sup>2</sup>, коммуникации – Вода, воздух, канализация, приточно-вытяжная вентиляция

Площадь занимаемая оборудованием, м2	-	70-85
Коэффициент плотности расстановки оборудования, Кп	-	5
Расчёт необходимой площади, м2	-	355 - 400
Потребляемая мощность, кВт	-	86 - 100
Общий вес, кг	-	9819-10100



# Закупленное оборудование - этап 1

## Закупленное и введенное в эксплуатацию оборудование\* :

- Лабораторная трехвалковая мельница BGD 771/1
- Мешалка верхнеприводная, до 40 л по воде, до 1800 об/мин, WB1800-D, Wiggins
- Гомогенизатор, объем 10-40 000 мл, роторный, до 30 000 об/мин, D-500, Wiggins
- Микроскоп BMB-300M
- Аппликатор спиральный BGD 214
- Гомогенизатор ультразвуковой, 950 Вт, Scientz-IIID
- Весы лабораторные BK-1500
- DM3058E, Мультиметр прецизионный 5.5-разрядный True RMS (Госреестр РФ)
- DT-9939, Мультиметр цифровой (Госреестр РФ)
- Измеритель сопротивления поверхности МЕГЕОН 13010
- Вискозиметр BGD 155/4SL
- Универсальный лабораторный диссольвер BGD 750

\*Оборудование установлено в ВКИ (ком. 105, 105 а).

Помещения ЦНФМ на базе ВКИ (ком. 101, 103, 105, 105а, 107), общая площадь помещений составляет – 134 м2, есть ограничения по мощности ( $\approx 30$  кВт).

# Оборудование для закупки - этап 2

№	Название	Количество, шт	Торговая марка	Цена, руб
<b>Испытательная лаборатория</b>				
1	Универсальная испытательная машина, силоизмерительные ячейки 20kN, 5kN	1		5 000 000,00 Р
2	Электронный твердомер Bareiss HPE III basic по Шор А + Стойка BS 61 II	1		1 380 988,67 Р
3	Шкаф сушильный ШОЛ-3,5.3,5.3,5/3,5 - И5М	2		207 900,00 Р
4	Пресс для вырубki образцов на физ.мех (резины)	1		1 364 184,25 Р
5	Комплект ножей для вырубki образцов (резины)	комплект		
<b>Исследовательская лаборатория</b>				
6	Сушильный шкаф программируемый с принудительной конвекцией BINDER ED 115	1	Avantgarde.Line	205 000,00 Р
7	Дегазатор для смол + вакуумная ловушка	1	Graphite Pro Analog Airtech	22 990,00 Р
8	Мембранный вакуумный насос HBM-6	1	Ампика	70 500,00 Р
9	Аналитические весы CAPTOGOCM CE 224-C+	1	CAPTOGOCM	181 575,00 Р
10	Лабораторные весы MACCA-K BK-1500	2	MACCA-K	47 520,00 Р
11	Лабораторные весы MACCA-K BK-600	2	MACCA-K	47 520,00 Р
12	Система водоподготовки (типа Осмос СПЕКТР) - Аквалаб AL-2 plus	1	АкваЛаб	540 011,00 Р
13	Магнитная мешалка Heidolph MR Hei-End с подогревом (20 л)	2	DV EXPERT	258 556,00 Р
14	Измеритель сопротивления изоляции APPA 605	2	ChipDip	75 800,00 Р
15	Измеритель объемного удельного сопротивления электропроводящих материалов, резин MT 423	1		640 000,00 Р
16	МАРК-903 pH-метр	1	Олдис	43 572,00 Р
17	Центрифуга Eppendorf 5430R	1	Eppendorf	1 736 939,00 Р
18	КА Т 50 digital ULTRA-TURRAX Диспергатор + Диспергирующий элемент	1		1 500 000,00 Р
19	Цифровой адгезиметр на отрыв BGD 500/S	1	BGD 500/S	200 000,00 Р
20	Верхнеприводная мешалка Hei-TORQUE Expert 400	3	Heidolph	900 000,00 Р
<b>Участок резин/термопластов</b>				
21	Термопластавтомат Formolder IMP 20 «Малыш» для литья пластиковых изделий новый плунжерный	1	Formolder	5 000 000,00 Р
22	Резинообрабатывающие вальцы Roll Mills M Measuring – production control (Турция ) + маслостанция			30 000 000,00 Р
23	Пресс вулканизационный 100-400 2Э + пресс-формы	1		150 000,00 Р
24	Двухшнековый лабораторный экструдер с приставками Роех Т27	1		8 000 000,00 Р
25	Микрорезиносмеситель	1		45 000 000,00 Р
26	Настольные весы CAS AD-10	1	Юмета-Казань	19 899,00 Р
27	Пресс для полимеризации	1	Collin	10 000 000,00 Р
28	чилер	1		1 000 000,00 Р
29	Напольные весы MAC-ЦЕНТР PM1B-150 4050	1	Юмета-Казань	15 000,00 Р
<b>Аналитическая лаборатория</b>				
<b>Участок Суспензий и Электрохимии</b>				
1	<b>Лаборатория, суспензии</b>			
30	Вакуумный миксер для электродной массы (thinky vacuum mixer)	1	ARV-310P	1 500 000,00 Р
31	Гомогенизатор суспензий высокого давления		ATS PILOT.N	9 000 000,00 Р
32	Диспергатор высокого давления	1	ATS TL-500	22 000 000,00 Р
33	ротор-статор проточный (10 кВт)	1	SIEHE Battery Slurry Mixing TDS	2 000 000,00 Р
<b>Чистая комната</b>				
1	<b>Участок тестирования электрохимических ячеек</b>			
34	перчаточный бокс (аргон)	1	под заказ	3 000 000,00 Р
35	Laboratory Heatable Bar Coater and Film Applicator Coating Machine		TMAX-TB-B1	2 000 000,00 Р
36	вырубная резка	1	Coin Cell Disc Punching Machine	500 000,00 Р
37	лабораторный пресс для обжима ячеек	1	TOB-DF-160	120 000,00 Р
38	вакуумная упаковка ячеек	1	TOB-MR-D120	500 000,00 Р
39	Испытательный стенд для ячеек.	1	CE-5000	
				154 227 954,92 Р
				86 227 954,92 Р

# Команда для выполнения проекта

**Д.В.Козлов, д.х.н., Куратор проекта**

н.с. – **Скуратов А.Ю.**  
эластомерные материалы,  
прототипирование

## Эластомеры

н.с. - Кадцына А.  
Вед.инженер - Круч В.  
Студент - 2 чел.

с.н.с. – **Чебоचाков Д.С.**  
термопласты, реактопласты, покрытия,  
прототипирование.

## Реактопласты&Термопласты

Вед. Инженер – Прямов М.  
Вед. Инженер – Кузнецов М.  
Инженер – Климова В.  
Студенты – 2 чел.

н.с. – **Чупин С.В.:**  
покрытия, электрохимия,  
аналитика

## Электрохимия

с.н.с. (Юдаев Д.В.)  
Инженер-исследователь  
Лаборант  
Студенты – 2 чел.

## Функциональные покрытия

Инженер Татарова И.С.  
студенты

## Технические писатели

2 чел.

Хоз.часть  
Макаренко И.

## Аналитический Блок:

с.н.с. - Юдаев Д.В.  
н.с. - Шинкарев В.В. к.т.н  
с.н.с. - Нерушев О.А. д.ф-м.н





**ЦНФМ**

РАЗРАБОТКА . МОДЕЛИРОВАНИЕ . ВНЕДРЕНИЕ

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

**Благодарим  
за внимание**

