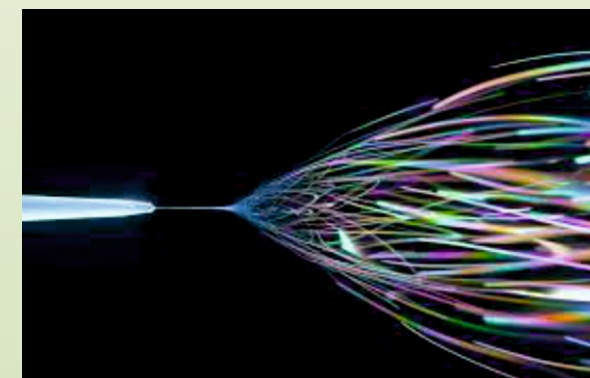
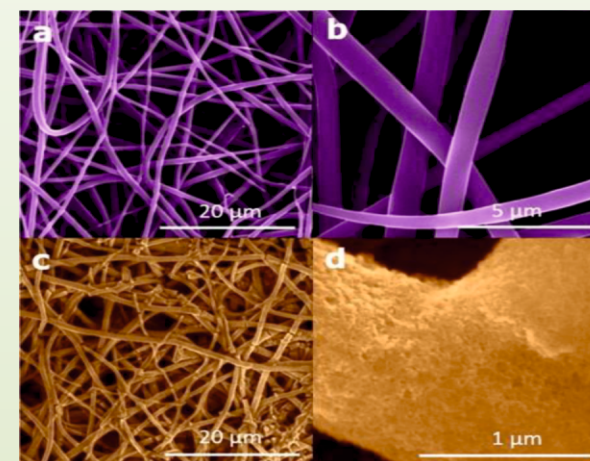


Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенов Б.К.,  
Наурызбаева А.Т., Маслов Н.А., Касенова Ж.М.

## УГЛЕРОДНЫЕ НАНОВОЛОКНА РАЗЛИЧНОГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Описание и подробный анализ



**Республика Казахстан**  
**ТОО «Институт химии угля и технологии»**

**Ермағамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенов Б.К.,  
Наурызбаева А.Т., Маслов Н.А., Касенова Ж.М.,**

**Углеродные нановолокна различного  
функционального назначения на основе  
углеродсодержащего сырья**

Описание и подробный анализ

**Нур-Султан, 2020**

УДК 678.03:546.26; 677.4

ББК 35.51

У 25

**Авторы: д.х.н., проф. Ермагамбет Б.Т., PhD, Казанкапова М.К., д.х.н., проф. Касенов Б.К., Наурызбаева А.Т., Маслов Н.А., Касенова Ж.М.**

**У 25** Углеродные нановолокна различного функционального назначения на основе углеродсодержащего сырья. Монография / Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенов Б.К., Наурызбаева А.Т., Маслов Н.А., Касенова Ж.М. – Нур-Султан: ТОО «Институт химии угля и технологии», 2020. – 105 с.

**ISBN 978-601-7596-34-7**

Монография посвящена разработке технологии получения композиционных нановолокон различного функционального назначения путем переработки углеродсодержащего сырья и изучению их физико-химических свойств. Описаны результаты исследования физико-химических и электрофизических свойств полученных продуктов. Разработана технология получения углеродных нановолокон на основе каменноугольной смолы, полимеров (ПММА, ПАН), текстильного корда, резиновых стружек, смолы сланца и проведена их апробация для очистки сточных вод и газов.

Монография предназначена для научных работников, специалистов, занимающихся в области глубокой переработки углеродсодержащего сырья, нанотехнологии, также может быть полезна преподавателям и обучающимся учебных заведений соответствующего профиля.

Рекомендовано к изданию Научно-техническим Советом Института химии угля и технологии.

УДК 678.03:546.26; 677.4

ББК 35.51

ISBN 978-601-7596-34-7

**© Ермагамбет Б.Т., Казанкапова М.К.,  
Касенов Б.К., Наурызбаева А.Т.,  
Маслов Н.А., Касенова Ж.М., 2020**

## СОДЕРЖАНИЕ

	Сокращения и обозначения	4
	Введение	5
1	Аналитический обзор способов получения углеродных нановолокон	7
1.1	Общие сведения и характеристика углеродных нановолокон	7
1.2	Основные свойства углеродных нановолокон	11
1.3	Перспективы применения углеродных нановолокон	14
1.4	Методы получения и технологии производства нановолокон	22
1.5	Композитные нановолокна на основе углеродсодержащего сырья	31
1.6	Будущие тенденции и проблемы получения нановолокон	36
1.7	Мировой и отечественный рынок углеродных нановолокон	41
2	Методика получения углеродных нановолокон	43
2.1	Сырьевая база для получения углеродных нановолокон	43
2.2	Пробоподготовка проб для получения композиционных нановолокон на основе углеродсодержащего сырья	44
2.3	Синтез углеродных нановолокон методом электроспиннинга	47
2.3.1	Углеродные нановолокна на основе каменноугольной смолы	49
2.3.2	Углеродные нановолокна на основе каменноугольного пека	50
2.3.3	Композиционные углеродные нановолокна на основе каменноугольной смолы и наножелеза	50
2.3.4	Углеродные нановолокна на основе смолы сланца	51
2.3.5	Углеродные нановолокна на основе текстильного корда	51
2.3.6	Углеродные нановолокна на основе резиновых стружек	52
2.3.7	Углеродные нановолокна на основе каменноугольной смолы и ПАН	52
2.3.8	Углеродные нановолокна на основе гуминовой кислоты и ПАН	53
3	Исследование физико-химических характеристик углеродных нановолокон	54
3.1	Методы исследований	54
3.2	Изучение химического состава, морфологии поверхности, структурно-функциональных особенностей, степени графитизации углеродных нановолокон	56
4	Исследование электрофизических свойств углеродных нановолокон	81
4.1	Методы исследований	81
4.2	Зависимости электросопротивления, электроемкости и диэлектрической проницаемости углеродных нановолокон от температуры	84
5	Апробация полученных композиционных углеродных нановолокон	92
6	Технологическая схема технологии получения углеродных нановолокон	95
	Заключение	97
	Список использованной литературы	99

## Сокращения и обозначения

УНМ	Углеродные наноматериалы
УВ	углеродное волокно
УНВ	углеродное нановолокно
СЭМ	сканирующая электронная микроскопия
ПММА	полиметилметаакрилат
г	Грамм
мг	Миллиграмм
°С	Цельсий градус
ПАН	полиакрилонитрил
КРС	комбинационное рассеяние света
КС	каменноугольная смола
КП	каменноугольный пек
ТК	текстильный корд
РС	резиновая стружка
УС	углеродные сферы
ГК	гуминовая кислота

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, большинство стран с целью снизить зависимость от импорта или экспорта нефти и природного газа, стремятся активно развивать угольную химию, а именно активно развивают современные технологии глубокой переработки угля и создания на основе углей разных марок материалов и продуктов нового поколения.

Уголь является одним из ведущих элементов современного мирового топливно-энергетического баланса. Однако в настоящее время он уступил свои лидирующие позиции нефти и газу в качестве топливного сырья. Его стало не выгодно просто сжигать, гораздо эффективнее перерабатывать уголь и в дальнейшем реализовывать готовые продукты или полуфабрикаты. Следует отметить, что продукты, получаемые при глубокой переработке по стоимости в несколько раз, превосходят исходное сырье.

В настоящее время современная наука с помощью передовых технологий позволяет получать из угля более 100 видов химических полупродуктов (фенол, крезол, спирт, битумы, бензолы, пеки и т.д.), которые в дальнейшем используются для производства свыше 5 тысяч видов продукции, включая в себя не только медицинские препараты, технические газовые смеси, углеродные адсорбенты, волокна и композитные материалы, но и многое другое.

Сейчас важно понять, какие способы и технологии в области глубокой переработки угля будут приоритетны и окажут положительное влияние на рост экономики. На основании вышесказанного были сформулированы цели и задачи предстоящей работы.

Впервые нами получены углеродные нановолокно (УНВ) на основе каменноугольной смолы, смолы сланца, текстильного корда, резиновых стружек методом электроспиннинга. Новизна исследований заключается в оптимизации физико-химических процессов и нахождении оптимальных условий получения углеродных волокон методом электроспиннинга на основе каменноугольной смолы, текстильного корда и резиновых стружек которые являются отходными материалами химической промышленности. Благодаря уникальному сочетанию низкой плотности, высокой механической прочности при повышенных температурах, высокой стойкости к термическим ударным нагрузкам и абляционной стойкости углеродные волокна нашли широкое применение в производстве.

Одним из аспектов новизны данных исследований является разработка технологии получения углеродных нановолокон без применения полимерных прекурсоров, что позволит решить экологический аспект утилизации данных типов отходов, уменьшить вредное воздействие на окружающую среду с получением экономически рентабельного продукта.

Работа направлена на получение углеродных нановолокон из отечественного сырья, которые применяются в организации в сфере экологии охраны природы, медицина и фармацевтика, устройства генерации и

хранения электроэнергии, строительство и строительные материалы, авио-, судо- и машиностроение, военная космическая промышленность.

На сегодняшний день в Казахстане отсутствует промышленное производство углеродных нановолокон, вынуждены закупать всех видов нановолокон за рубежом, в основном закупаются из России, Японии, США, Германии и Китай по завышенным ценам и сегодня они составляют несколько тыс. тонн в год и имеют тенденции к постоянному росту.

Вместе с тем, в Казахстане имеются все необходимые для производства ресурсы. Собственное производство позволит выпускать недорогую и качественную продукцию, способную заменить импортную. Налаженное производство углеродных нановолокон позволит обеспечить РК эффективными и недорогими УНВ отечественного производства.

Перспективность данных исследований заключается в возможности масштабного производства углеродных нановолокон из углеродсодержащего сырья, что приведет к появлению на рынке Казахстана материалов и композитов на их основе отечественного производства.

Авторы выражают благодарность коллективу «Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа» (ННЛОТ), «Лаборатории инженерного профиля» КазНУ им. Ал-Фараби, лаборатории коллективного пользования "Назарбаев Университет", ХМИ имени «Абишева», за достоверный и качественный анализ УНВ, полученных в лабораториях ТОО «Института химии угля и технологии».

Ермағамбет Б.Т., Казанкапова М.К., Касенов Б.К.,  
Наурызбаева А.Т., Маслов Н.А., Касенова Ж.М.

## Углеродные нановолокна различного функционального назначения на основе углеродсодержащего сырья

Описание и подробный анализ



Подписано в печать 14.10.2020 г.  
Формат 60x84 1/16. Гарнитура Times New Roman.  
Усл.п.л. 6,56. Тираж 100 экз. Заказ №620.



Опечатано в типографии ТОО «Шаңырақ-Медиа»  
г. Нур-Султан, ул. Кокарал, 2/1  
тел. 8 7172 57 99 06, 8 707 777 00 66