

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ивановский государственный университет»

**ОРГАНИЧЕСКИЕ И ГИБРИДНЫЕ
НАНОМАТЕРИАЛЫ:
ПОЛУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ,
ПРИМЕНЕНИЕ**

*Под редакцией члена-корреспондента РАН В. Ф. Разумова,
доктора химических наук, профессора М. В. Клюева*

Иваново

Издательство «Ивановский государственный университет»
2021

УДК 541
ББК 24.542
О 413

Органические и гибридные наноматериалы: получение, исследование, применение : монография / под ред. В. Ф. Разумова, М. В. Клюева. — Иваново : Иван. гос. ун-т, 2021. — 368 с.
ISBN 978-5-7807-1367-8

В книге рассмотрены вопросы использования наноматериалов в перовскитных солнечных батареях, металл-ионных аккумуляторах, фотопереключателях и логических вентилях, магнитных пинцетах на основе микропроводов для детектирования и микроманипулирования магнитными частицами и магнитомеченными клетками.

Уделено внимание применению наноматериалов в медицине и трибологии.

Издание адресовано студентам, аспирантам, исследователям наноразмерного состояния вещества, а также преподавателям соответствующих разделов химии и физики.

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Ивановского государственного университета*

Рецензент

Заслуженный деятель науки Российской Федерации
доктор химических наук, профессор **А. М. Колкер**
(Институт химии растворов РАН, г. Иваново)

ISBN 978-5-7807-1367-8

© ФГБОУ ВО «Ивановский
государственный университет», 2021

Оглавление

Предисловие.....	3
Глава 1. Перовскитные солнечные батареи: текущий статус исследований и перспективы (А. Ф. Акбулатов, Л. А. Фролова, П. А. Трошин).....	5
Введение.....	5
1. Открытие гибридных органо-неорганических комплексных галогенидов с перовскитной структурой...	6
2. Основные характеристики солнечных батарей.....	8
3. Основные архитектуры перовскитных солнечных батарей	9
3.1. Электролитные перовскитные солнечные батареи...	9
3.2. Классические перовскитные солнечные батареи с мезопористой структурой.....	10
3.2.1. Методы формирования фотоактивного перовскитного слоя.....	11
3.2.2. Вариация химического состава перовскитных фотоактивных материалов.....	14
3.2.3. Зарядово-транспортные материалы вперовскитных солнечных батареях с мезопористой структурой.....	14
3.3. Классические перовскитные солнечные батареи планарной конфигурации.....	21
3.4. Инвертированные перовскитные солнечные батареи.....	24
4. Проблема стабильности перовскитных солнечных батарей.....	30
4.1. Внешние факторы, способствующие деградации перовскитных материалов.....	31
4.1.1. Гидролиз комплексных галогенидов свинца.....	31
4.1.2. Влияние кислорода воздуха на стабильность комплексных галогенидов свинца.....	33
4.1.3. Влияние активных примесей на стабильность перовскитных солнечных батарей.....	35
4.1.4. Инкапсуляция как эффективный метод защиты фотоактивного слоя солнечных батарей от воздействия внешних факторов.....	39
4.2. Внутренние факторы, ограничивающие стабильность перовскитных солнечных батарей.....	41

4.2.1. Электрическое поле. Механизм электрохимической деградации и основные продукты разложения перовскитных материалов.....	41
4.2.2. Нагрев. Механизм и основные продукты термической деградации перовскитных материалов.....	44
4.2.3. Солнечный свет. Механизм и основные продукты фотохимической деградации перовскитных материалов.	48
5. Подходы, используемые для повышения электрохимической, термической и фотохимической стабильности перовскитных солнечных батарей.....	50
5.1. Оптимизация химического состава и кристаллической структуры перовскитных пленок.....	50
5.2. Введение модифицирующих добавок в перовскитный слой.....	54
5.3. Оптимизация архитектуры перовскитных солнечных батарей.....	57
5.3.1. Разработка зарядово-транспортных материалов с улучшенными изоляционными характеристиками.....	59
5.3.2. Разработка инертных электродных материалов.....	64
Заключение.....	65
Список литературы.....	66
Глава 2. Металлорганические каркасные полимеры как перспективные электродные материалы для металл-ионных аккумуляторов (О. В. Ярмоленко, К. Г. Хатмуллина).....	88
1. Номенклатура MOF.....	93
2. Дизайн MOF для металл-ионных аккумуляторов.....	95
2.1. Дизайн исходных MOF.....	95
2.1.1. Дизайн металлических центров исходных MOF....	96
2.1.2. Дизайн органических лигандов исходных MOF....	97
2.1.3. Примеры электродов на основе исходных MOF....	97
2.2. Дизайн композитов MOF.....	100
2.3. Дизайн производных MOF.....	102
3. Наноструктурирование материалов на основе MOF...	103
4. Выводы и дальнейшая перспектива.....	105
Список литературы.....	106
Глава 3. Фотопереключатели и логические вентили на основе гибридных органо-неорганических наносистем (М. Ф. Будыка).....	111
Заключение.....	127
Список литературы.....	128

Глава 4. Свойства углеродного материала с площадью поверхности по БЭТ более 3000 м²/г (Ю. М. Шульга, Е. Н. Кабачков, Н. Ю. Шульга, Ю. М. Вольфкович)	131
<i>Введение</i>	131
1. Исследуемый материал.....	133
2. Используемое оборудование.....	133
3. Метод эталонной контактной порометрии.....	135
4. Электрохимические методы.....	135
5. Результаты.....	137
5.1. Элементный анализ.....	137
5.2. Метод БЭТ (удельная поверхность, суммарный объем пор).....	137
5.3. Метод МЭКП.....	138
5.4. СЭМ.....	140
5.5. ПЭМ.....	141
5.6. Рентгенограммы.....	142
5.7. Спектры КР.....	143
5.8. РФЭС.....	146
5.9. СПЭЭ.....	148
6. Электрохимические исследования.....	151
6.1. ЦВФ кривые.....	151
6.2. Измерения импеданса.....	153
6.3. Кулонометрические измерения (метод гальваностатического разряда).....	154
<i>Заключение</i>	157
<i>Список литературы</i>	159
Глава 5. Химический дизайн и функциональные свойства магнитных пинцетов на основе FeCoB-DyPr микропроводов для детектирования и микроманипулирования магнитными частицами и магнитомеченными клетками (О. В. Коплак)	166
<i>Введение</i>	166
1. Микроманипулирование живыми объектами с помощью ферромагнитных наночастиц.....	169
2. Морфометрия магнитомеченных биологических клеток.....	181
3. Позиционирование магнитомеченных клеток с помощью магнитных пинцетов.....	186
4. Функциональные свойства FeCoB-DyPr микропроводов.....	192

5. Химический дизайн магнитных пинцетов на основе PrDyFeCoB и определение силы притяжения.....	201
6. Манипулирование магнитными частицами и биологическими объектами с помощью магнитных пинцетов.....	206
<i>Заключение</i>	210
<i>Список литературы</i>	211
Глава 6. Модельные пластичные смазочные системы с углеродными наноструктурами (Н. В. Усольцева, А. И. Смирнова, М. А. Шилов, А. А. Бурков, А. С. Парфенов, Е. В. Березина, Д. Н. Столбов, Р. В. Азиев, С. В. Савилов, Н. Н. Рожкова).....	216
<i>Введение</i>	216
1. Трибологические характеристики композиций, содержащих дисперсии известных УНС с базовой основой «вазелин медицинский».....	219
1.1. Трибологические испытания.....	220
1.2. Анализ спектров СВЧ Mn^{+2} как показателей взаимодействия шунгитового углерода с поверхностью металла.....	225
1.3. Моделирование деформационных процессов углеродных нанотрубок.....	227
2. Реологические исследования.....	229
2.1. Влияние различных типов и концентраций УНС в качестве присадок к VM на напряжение сдвига в условиях сдвигового теста.....	230
2.2. Гистерезис систем.....	233
3. Трибологические исследования пластичных смазочных материалов с функционализированными малослойными графенами.....	237
<i>Выводы</i>	244
<i>Список литературы</i>	246
Глава 7. Плавающие слои соединений с дискотической и каламитной формой молекул на различных субфазах (Е. Г. Глуховской, А. И. Смирнова, В. Н. Миронюк, Н. Н. Беглецова, А. Ж. К. Аль Алвани, А. В. Ежов, В. А. Кулёв, Н. И. Гиричева, Н. В. Усольцева).....	249
<i>Введение</i>	249
1. Экспериментальные и теоретические электронные спектры поглощения производных порфирина A_3B -типа	252

1.1. Экспериментальные спектры поглощения.....	256
1.2. Геометрическое строение и граничные орбитали смешанно-замещенных порфиринов A_3B -типа.....	257
1.3. Анализ экспериментальных и рассчитанных электронных спектров поглощения.....	264
2. Формирование плавающих слоев Гиббса и Ленгмюра на основе наночастиц меди: влияние температуры и концентрации.....	271
2.1. Формирование плавающих слоев Гиббса и Ленгмюра.....	274
3. Особенности формирования ленгмюровских монослоев производными порфирина на поверхности водных растворов наночастиц меди.....	281
4. Влияние состава и температуры субфазы на формирование и поверхностный потенциал плавающих монослоев мезогенного цианобифенила 8CB.....	289
<i>Заключение</i>	295
<i>Список литературы</i>	296
Глава 8. Органические люминесцентные наноматериалы гетероциклической природы и колончатый мезоморфизм (О. Б. Аكوпова, Н. В. Жарникова, А. И. Смирнова, Н. В. Бумбина, Н. В. Усольцева).....	307
<i>Введение</i>	307
1. Звездообразные люминесцентные гетероциклические соединения с возможным проявлением мезоморфизма...	313
1.1. Звездообразные гетероциклические сопряженные структуры.....	313
1.2. Звездообразные окса- и триадиазолы с центральным бензольным ядром и колончатым мезоморфизмом.....	330
<i>Заключение</i>	348
<i>Список литературы</i>	349