

НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РОССИИ

**Сборник тезисов
VII ежегодной конференции
Нанотехнологического общества России**

2 марта 2016, г. Москва
<http://www.rusnor.org>

**Партнер мероприятий
Фонд инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО**



РОСНАНО

**ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ**



РОСНАНО

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ –

институт развития, созданный в 2010 году для формирования в России нанотехнологической индустрии и рынка нанопродукции.

Технологическая инфраструктура, которую строит Фонд, включает в себя

- сеть наноцентров, где создаются новые нанотехнологические стартапы;
- сеть инжиниринговых компаний, которые разрабатывают новые технологии «на заказ».

В задачи Фонда входит

- поддержка внедрения нанотехнологий в строительстве, промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте;
- сертификация и оценка безопасности нанотехнологической продукции;
- метрологическое обеспечение nanoиндустрии.

Кроме того, Фонд

- создает программы для обучения специалистов в сфере нанотехнологий;
- разрабатывает стандарты для нанопродукции;
- готовит предложения по модернизации технических и санитарных норм;
- занимается популяризацией нанотехнологий.

Контакты:

117036, Москва, Проспект 60-летия Октября, 10А
+7 (495) 988 53 88, info@rusnano.com



Сборник тезисов VII ежегодной конференции

**Сборник тезисов VII ежегодной конференции
Нанотехнологического общества России.**

Научное издание

Ответственный за выпуск к.б.н. Андреюк Д.С.

Научный редактор д.т.н. Быков В.А.

© Общероссийская общественная организация

«Нанотехнологическое общество России», 2016



Сборник тезисов VII ежегодной конференции



Участникам VII Конференции
Нанотехнологического общества
России

Уважаемые коллеги, от имени Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО приветствую вас на VII Конференции Нанотехнологического общества России!

Тематика конференции, связанная с развитием инновационной деятельности, реализацией научно-технического потенциала молодежи и поддержкой молодых ученых, относится к числу наиболее актуальных задач, стоящих перед российской наукой.

Ежегодная Конференция Нанотехнологического общества России является площадкой для продвижения открытий и идей молодых исследователей и ученых, позволяя обсудить широкий круг вопросов, направленных, в том числе, на решение прикладных задач в сфере nanoиндустрии.

Желаю участникам профессиональных и творческих успехов, а также плодотворной и конструктивной дискуссии!

Директор образовательных проектов и программ
Фонда инфраструктурных и образовательных программ
РОСНАНО
Е.Н.Соболева



Оглавление

Нанотехнологии в микроэлектронике и приборостроении 12

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТЕПЕННОГО РЕЗИСТИВНОГО
ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В МНОГОФИЛАМЕНТНОЙ
МЕМРИСТИВНОЙ НАНОСТРУКТУРЕ..... 12

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ОПТИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ СЛОЕВ КРЕМНИЯ И ПЛЕНОК SiO₂, Si₃N₄, Al₂O₃,
HfO₂, ПОДВЕРГНУТЫХ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ Ga⁺ И N⁺ С
ЦЕЛЬЮ СИНТЕЗА НАНОВКЛЮЧЕНИЙ GaN..... 14

СВЕРХМИНИАТЮРНЫЕ ВИХРЕТОКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ 17

ПРЕИМУЩЕСТВА РАДИАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ НА
КОМПОЗИЦИЯХ НАНОЧАСТИЦ И ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ
..... 20

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СМАРТ-МИКРОСИСТЕМ,
MEMS- И NEMS-УСТРОЙСТВ 23

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CALS, CASE, OLAP И OLTP-ТЕХНОЛОГИЙ В
НАНОИНДУСТРИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
СМАРТ-МИКРОСИСТЕМ..... 26

ПРОТОТИП НЕЙРОМОРФНОГО СОПРОЦЕССОРА НА ОСНОВЕ
МЕМРИСТОРОВ ИЗ СМЕШАННОГО ОКСИДА МЕТАЛЛОВ .. 30

Нанотехнологии в ТЭК..... 34



ОБ ЭНЕРГЕТИКЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ	34
Наноструктурированные металлы и сплавы	39
НАНОМАТЕРИАЛЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ	39
ДЕГРАДАЦИЯ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА В УСЛОВИЯХ МНОГОЦИКЛОВЫХ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ	40
НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ РЕЛЬСОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	43
ДЕФОРМАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЕ УЛУЧШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕМ	46
УСТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРОЧНЫМИ МЕТОДАМИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ.....	50
НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ПОЛУЧЕНИЯ МАГНИТОТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОФЕРРОМАГНЕТИКОВ	52
МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР В РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ.....	55
ИЗУЧЕНИЕ АДсорбЦИОННО-СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА СПЛАВА Al-5%Pb ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ВОДОЙ	58
Наноструктурированные покрытия.....	61
СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ НАНОКОМПЗИТНОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ CR-CU,	



СФОРМИРОВАННОГО НА МЕДИ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ	61
ИЗНОСОСТОЙКИЕ НАНОПОКРЫТИЯ С МАЛЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТРЕНИЯ	64
Технологии и явления наноразмерных объектов	68
ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ	68
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ И НАНОСТЕРЖНЕЙ СЕРЕБРА	71
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АТТОСЕКУНДНЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ НЭМС МАТЕРИАЛОВ	73
РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В КЕРАМИЧЕСКОМ СВЕРХПРОВОДНИКЕ.....	76
СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭМУЛЬСИЙ "МАСЛО-В-ВОДЕ" СМЕСЬЮ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И КАТИОННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА.....	80
РОЛЬ СВЧ-ОБРАБОТКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОЙ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ КЕРАМИКИ.....	83
СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ РАЗРЯДА ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ.....	87



СЛОИ НАНОМАТЕРИАЛА В КАЧЕСТВЕ ДАТЧИКА ДЕФОРМАЦИИ	88
СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ПЛЁНОЧНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР МАГНИТНОГО ПОЛЯ	91
ЭЛЕКТРОДЫ НА ОСНОВЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ.....	95
ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА КЛЕТОК НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОБИОКОНСТРУКЦИЙ	98
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ПРИПОЯ, СОДЕРЖАЩЕГО УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ	101
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ И ПОВЕРХНОСТИ НА МАГНЕТИЗМ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА И МАГГЕМИТА	104
ФОРМИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХДЛИННЫХ НАНОЦЕПОЧЕК	106
МАТРИЦЫ НАНОПРОВОДОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.....	109
ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ НА РАЗМЕР И МОРФОЛОГИЮ НАНОЧАСТИЦ ГИДРОКСИАПАТИТА.....	111
Нанокompозитные полимеры	116
ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА НА ГОРЮЧЕСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА	116
ВЛИЯНИЕ НАНО- И МИКРОЧАСТИЦ БОРАТА ЦИНКА НА ГОРЮЧЕСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА	119



ВЛИЯНИЯ ДОЛИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ОБРАТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ВРЕМЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОРИСТОГО ПОЛИСТИРОЛА	122
ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ РАДИО- И РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОНИКИ	125
Нанотехнологии в строительстве.....	127
ВЛИЯНИЕ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ.....	127
МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФИБРОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК	130
Нанобиотехнологии	134
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ В ОРГАНИЗМ ЖИВОТНОГО В ПОДОСТРОМ И СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ	134
УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ СУСПЕНЗИЯМИ И КОМПОЗИТАМИ ИЗ НАНОЧАСТИЦ И БИОПОЛИМЕРОВ НИЗКОЧАСТОТНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ И РАДИАЦИЕЙ.....	137
ЛИПИДНЫЕ ЧАСТИЦЫ С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМИ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.....	140



РАСТИТЕЛЬНЫЕ АКТИВНЫЕ УГЛИ ИЗ ЕЖЕГОДНО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ БИОСФЕРЕ .	143
РАСТИТЕЛЬНЫЕ АКТИВНЫЕ УГЛИ ИЗ ЕЖЕГОДНО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ИЛИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ	146
(НАНО)МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СНЯТИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМЫ	148
НОВЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ (НАНО)МАТЕРИАЛЫ КАК ОДНА ИЗ ВОЗМОЖНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ ГМО.....	151
АКТИВНЫЕ УГЛИ ИЗ ЕЖЕГОДНО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЗАЦИИ АПК	154
ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАСКРЫТИЯ СТРУЧКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ.....	157
ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ НА ГОМЕОСТАЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА.....	160
НАНОДИСПЕРСНЫЕ ФРАКЦИИ В ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО РАДОНА НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА	164



«ЗЕЛЕНАЯ» ХИМИЯ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И ИНЖЕНЕРИЯ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ (ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ МЕДИЦИНА).....	168
НАНОЭМУЛЬСИИ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ TWEEN 60 И SPAN 60, С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМИ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ	170
ДЕФОРМАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СУБСТАНЦИЯХ НА ОСНОВЕ МОНОГИДРАТА ГЛЮКОНАТА КАЛЬЦИЯ.....	173
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ТОЧЕК (БАТ) НА КОЖЕ ЧЕЛОВЕКА В БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ.....	174
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ БИОКИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА КРЫСАХ-САМЦАХ ЛИНИИ ВИСТАР*	178
МИКРОЭМУЛЬСИИ И ЛИОТРОПНЫЕ ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ ЛЕЦИТИНА ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ	182
Организация науки и образования в сфере нанотехнологий	185
ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ КУРСА «НАНОМАТЕРИАЛЫ».....	185
ОСОБЕННОСТИ ОБУЧАЮЩЕГО КОНТЕНТА В ОБРАЗОВАНИИ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ	188



ОПЫТ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	191
СИСТЕМА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ВКЛЮЧЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ РЕГИОНЕ.....	195
СОЗДАНИЕ ЕДИНОГО АРКТИЧЕСКОГО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА.....	199
Коммерциализация нанотехнологий и внедрение в промышленное производство.....	203
ОПЫТ РЕГИСТРАЦИИ ТОВАРНЫХ ЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ САНКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РОССИЙСКОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ ЗА РУБЕЖОМ В НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ.....	203
Социально-экономические эффекты нанотехнологий и вопросы взаимодействия ученых на стыке естественнонаучных и гуманитарных дисциплин.....	206
ЮНГ И БИОМЕХАНИКА. ФОТОХРОМНЫЙ ЭФФЕКТ	206
СОЧЕТАНИЕ С ПОВТОРЕНИЕМ	219





Нанотехнологии в микроэлектронике и приборостроении

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСТЕПЕННОГО РЕЗИСТИВНОГО ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В МНОГОФИЛАМЕНТНОЙ МЕМРИСТИВНОЙ НАНОСТРУКТУРЕ

Д.В. Гусейнов, А.Н. Михайлов, Д.С. Королев, А.И. Белов, К.В. Сидоренко, А.П. Касаткин, А.И. Бобров, Д.А. Павлов, Н.В. Малехонова, О.Н. Горшков, Д.И. Тетельбаум

*Университет Лобачевского, г. Нижний Новгород,
guseinov@phys.unn.ru*

Мемристор – это нелинейный резистор с эффектом памяти, способный менять сопротивление в зависимости от приложенного к нему напряжения и имитировать свойство синаптической пластичности, играющее важную роль в функционировании нервной системы и мозга. К ключевым преимуществам мемристора по сравнению с другими вариантами реализации синаптического соединения относятся сравнительно простая структура и малый эффективный размер элементов: изменение электрического сопротивления при приложении напряжения происходит в локальной (нанометровой) области материала, находящейся между двумя электродами, отсюда – высокое быстродействие и низкое энергопотребление мемристора. В основе одного из способов реализации эффекта «синаптической пластичности» мемристивных структур лежит последовательный характер (плавность) процесса переключения структуры из состояния с низким сопротивлением в



состояние с высоким сопротивлением (и наоборот) под действием приложенного напряжения так, что путем задания амплитуды или длительности переключающего сигнала можно управлять величиной сопротивления. Это свойство делает мемристивные наноструктуры крайне интересными объектами для многоразрядных элементов памяти и адаптивных элементов нейроморфных систем. Различные исследователи связывают постепенное переключение с микроскопическими свойствами и физико-химическими процессами в отдельном проводящем канале (филаменте) и его окружении. Однако, в мемристорах сравнительно большого размера, содержащих большое количество филаментов, определяющую роль начинают играть такие факторы, как неоднородность свойств активного материала рабочего объема структуры. В настоящей работе адаптивное поведение анализируется для мемристивных структур типа «металл-оксид-металл» на основе пленки $ZrO_2(Y)$, полученной методом магнетронного осаждения и имеющей колончатую поликристаллическую структуру с дефектными (кислородо-дефицитными) границами зерен.

Кинетика резистивного переключения в филаментах, состоящих из кислородных вакансий моделируется методом Монте-Карло. Установлено влияние геометрических и структурных параметров в окрестностях филаментов на протекание тока в системе из множества филаментов при переходе из состояния с низким сопротивлением в состояние с высоким сопротивлением (переход RESET). Расчетным путем установлено, что в системе, содержащей более 100 филаментов, разброс напряжений переключения в статистическом ансамбле приводит к



возникновению эффекта последовательного переключения, который может быть использован для имитации пластичности биологического синапса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-19-00144).

Гусейнов Давуд Вадимович, к.ф.-м.н., Тел.: +7 903 657 7666
E-mail: guseinov@phys.unn.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЛОЕВ КРЕМНИЯ И ПЛЕНОК SiO₂, Si₃N₄, Al₂O₃, HfO₂, ПОДВЕРГНУТЫХ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ Ga⁺ И N⁺ С ЦЕЛЬЮ СИНТЕЗА НАНОВКЛЮЧЕНИЙ GaN

Д.С. Королев, А.Н. Михайлов, А.И. Белов, А.А. Конаков, К.В. Сидоренко, С.И. Суродин, Д.Е. Николичев, Д.И. Тетельбаум

Университет Лобачевского, г. Нижний Новгород,

dmkorolev@phys.unn.ru

Нитрид галлия является одним из наиболее перспективных материалов на основе полупроводников A³B⁵ для фотоники и оптоэлектронных устройств будущего, особенно при условии разработки технологии получения содержащих этот полупроводник слоев на базе кремния. Непосредственное выращивание совершенных эпитаксиальных пленок и нанокристаллов GaN на подложках кремния встречается с трудностями вследствие большого различия параметров решетки и коэффициентов теплового расширения Si и GaN. В связи с этим актуальна задача синтеза НК GaN в кремнии и кремний-совместимых матрицах. В



данной работе исследованы оптические свойства кремния и слоев SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 , HfO_2 , нанесенных на кремний – с целью синтеза включений GaN, а также теоретически рассчитаны параметры излучения и фотоотклика в таких структурах. С привлечением метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии исследован химический состав вышеупомянутых слоев.

Образцы Si (100) марки КЭФ-4,5, а также нанесенные на Si (100) диэлектрические пленки SiO_2 , Al_2O_3 , Si_3N_4 и HfO_2 облучались последовательно ионами Ga^+ и N_2^+ с последующим отжигом. Реализовано несколько вариантов режимов имплантации и отжига, а именно: 1) имплантация азота и галлия с дозами и энергиями ионов, обеспечивающими стехиометрическое соотношение компонентов потенциальных включений GaN; 2) в случае имплантации в кремний-содержащие матрицы – предварительное облучение ионами азота и отжиг с целью формирования слоя Si_3N_4 (или SiON) либо вблизи поверхности, либо на всей глубине облучаемого слоя, с последующим облучением ионами фазообразующих элементов. Облученные образцы подвергались печному отжигу при температурах 600-900 °С (30 мин) в атмосфере N_2 .

Исследование фотолюминесценции (ФЛ) с возбуждением светодиодом на длине волны ~380 нм показало наличие полосы «зеленой» люминесценции при ~530 нм, связанной с дефектами в нитриде галлия. Установлено, что в случае имплантации в кремний сначала Ga^+ , затем N_2^+ , ФЛ при ~ 530 нм имеет место только при наличии промежуточного отжига при 800 °С (в дополнение к заключительному при той же температуре). В случае



заключительного отжига при 900 °С ФЛ наблюдается и без промежуточной термообработки. При имплантации в пленки SiO₂ ФЛ наблюдается после отжига при температуре 800 °С и практически отсутствует как при более низких, так и более высоких температурах отжига. Для матрицы Al₂O₃ «зеленая» ФЛ наблюдается лишь после отжига при 900 °С, а для HfO₂ наиболее интенсивная ФЛ наблюдается после отжига при 800 °С и ослабевает с увеличением температуры до 900 °С.

Исследование химического состава и состояния внедренных атомов в имплантированных слоях методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии показало формирование химических связей Ga-N после заключительного отжига.

Рассчитаны параметры излучения и фотоотклика для встроенных в диэлектрические матрицы нанокристаллов (НК) кубического и гексагонального GaN. Установлено, что длина волны излучения при основном межзонном переходе между уровнями размерного квантования изменяется от 250 до 360 нм с увеличением диаметра НК от 2 до 6 нм. Характерное время излучательной рекомбинации в том же диапазоне диаметров возрастает от $1,0 \cdot 10^{-10}$ до $3,0 \cdot 10^{-10}$ с. Внутренняя квантовая эффективность фотоотклика одиночного НК в туннельно-тонких диэлектрических матрицах слабо зависит от структурной модификации НК, но сильно зависит от вида диэлектрика. Расчеты показывают, что из рассмотренных матриц наиболее перспективными с точки зрения фотоотклика НК GaN являются Si₃N₄



и HfO_2 , для которых квантовая эффективность может достигать 10 и 80 %, соответственно.

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ (уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI58414X0008).

Королев Дмитрий Сергеевич, аспирант, Тел.: +7-920-252-73-52
E-mail: dmkorolev@phys.unn.ru

СВЕРХМИНИАТЮРНЫЕ ВИХРЕТОКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

В.Н. Маликов¹, С.Ф. Дмитриев¹, А.М. Сагалаков¹, Л.И. Шевцова²,
А.М. Катасонов¹

1). *Алтайский государственный университет, г. Барнаул,*
osys@me.com

2). *Новосибирский государственный технический университет, г.*
Новосибирск, mirotnas@gmail.com

Успехи современной микро- и оптоэлектроники неразрывно связаны с интенсивным внедрением тонкоплёночных элементов. Структурное состояние и топология нанокристаллических материалов, к которым относятся и тонкие металлические пленки, представляют собой одну из важнейших современных проблем физики твердого тела. В связи с этим, экспериментальные исследования особенностей подобных материалов, имеют принципиальное значение для понимания закономерностей формирования наноструктур. Особенно актуальным при этом становится разработка новых методов и приборов, позволяющих



производить анализ строения и топологии тонких пленок. В процессе работы над совершенствованием устройств, реализующих вихретоковый метод контроля[1], были созданы сверхминиатюрные вихретоковые преобразователи, которые позволили добиться значительного повышения локализации магнитного поля преобразователя. Достигнутая локальность позволяет проводить исследования наноструктур, в том числе, тонких нанометровых пленок.

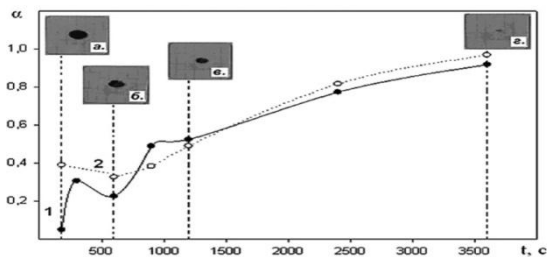
Вихретоковый преобразователь представляет собой трансформатор, имеющий возбуждающую и измерительную обмотку радиусами в 0,13 и 0,05 миллиметра соответственно. Малые размеры и особая конструкция преобразователя позволяет эффективно локализовать магнитное поле на объекте контроля при помощи ферритового сердечника пирамидальной формы.

Разработанный прибор позволяет, в частности, определить электропроводность, которая позволяет сделать некоторые выводы о свойствах исследуемых пленок. В рамках одного из подобных экспериментов, исследовались нанопленки в системе селен-ниобий. В ходе исследования производилось определение основных физико-химических характеристик материала, в том числе, в виде защитных или резистивных слоев в составе сверхпроводящих композитов. Нанопленки получали методом импульсного высоковакуумного (10^3 - 10^5 Паскалей) напыления при температурах 3000-3200⁰С. Удельную электропроводность нанопленок находили бесконтактным методом вихревых токов с применением разработанного нами сверхминиатюрного вихретокового преобразователя. Рассчитанная толщина пленки сплава Селен-



Ниобий в соотношении четыре к одному составила 60 нанометров, а сплава Селен-Ниобий в соотношении один к четырем – 4 нанометра.

На рисунке представлена кинетика окисления нанопленок сплава Селен-Ниобий в соотношении четыре к одному, на воздухе:



1 – пленка с удельной электропроводностью 3.3×10^5 МСм/м, 2 – пленка

с удельной электропроводностью 3.7×10^5 МСм/м

Полученные результаты свидетельствуют о наиболее быстром окислении на воздухе нанопленок сплава Селен-Ниобий в соотношении четыре к одному, причем пленка с меньшей проводимостью и меньшей толщиной окисляется быстрее более толстой. Пленки сплава Селен-Ниобий в соотношении один к четырем окисляются в 10-100 раз медленнее, причем более тонкая пленка с меньшим значением проводимости окисляется медленнее, чем более толстая.

[1] Поляков В.В., Дмитриев С.Ф., Ишков А.В., Колубаев Е.А., Маликов В.Н.

Диагностика композиционных материалов на основе алюминиевых сплавов с помощью сверхминиатюрных



вихретоковых преобразователей. Известия Алтайского государственного университета. 2013. № 1-2 (77). С. 181-183.

Маликов Владимир Николаевич, аспирант, Тел: (983) 172-59-18
E-mail: osys@me.com

ПРЕИМУЩЕСТВА РАДИАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ НА КОМПОЗИЦИЯХ НАНОЧАСТИЦ И ОРГАНИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ

А.П. Покидов, Н.В. Классен, А.А. Васин., Т.Н. Фурсова

Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка

К электронным, оптическим приборам и конструкционным устройствам, которые должны работать в условиях интенсивного ионизирующего облучения, предъявляется дополнительный набор жестких требований, связанных с сохранением стабильности их технических параметров под действием радиации. Это – серьезная проблема, т.к. радиационные дефекты кристаллической структуры материалов, создаваемые облучением, приводят к искажениям геометрии (радиационное распухание) и охрупчиванию изделий, сильным изменениям их электрических и оптических характеристик. Наш опыт разработок обширного ряда устройств для работы в интенсивной радиации показал, что указанная проблема может быть решена переходом к наноструктурированным материалам. Например, металлические зеркала для лазерного зондирования плазмы экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР) при обычных способах изготовления резко снижают отражательную способность уже после нескольких минут воздействия ионными пучками, в то время как зеркала с наноструктурированной оптической поверхностью,



разработанные в ИФТТ РАН, сохраняют работоспособность при значительно больших дозах облучения. Главная причина многократного повышения радиационной прочности при наноструктурировании материалов состоит в том, что радиационные дефекты за счет наноскопических размеров зерен быстро диффундируют к близко расположенным границам зерен и там аннигилируют. Простой расчет показывает, что радиационная прочность наноструктурированного материала возрастает обратно пропорционально пятой степени размера зерна. Наши разработки сцинтилляционных детекторов ионизирующих излучений на основе композиций из тяжелых неорганических наночастиц и органических люминофоров привели к получению уникальных детекторных характеристик рекордного уровня: при высоком сечении захвата ионизирующих квантов, обусловленном большой плотностью наночастиц, достигается уникальное сочетание высокого световыхода и наносекундного быстродействия за счет того, что горячие электроны, образованные радиацией в наночастицах, быстро перескакивают в органические люминофоры. При этом радиационная прочность органических молекул оказывается существенно усиленной за счет того, что их разорванные облучением фрагменты оказываются прочно сшиты наночастицами. Формирование в водных суспензиях композиций из сегнетоэлектрических наночастиц (титанаты бария и свинца) и электрически активных биополимеров (коллаген, ДНК, хитозан) в присутствии низкочастотного электрического поля определенных частот создает периодические структуры с микропериодическими слоями положительных и отрицательных зарядов. При ионизирующем облучении таких структур в них происходит разделение неравновесных электрических зарядов, вызывающее появление макроскопической ЭДС



и электрического тока. Тем самым осуществляется прямое преобразование радиации в электроэнергию. При относительно слабом рентгеновском облучении генерируемое им электрическое поле достигает нескольких вольт/см. Это позволяет ожидать, что при оптимальном подборе состава и структуры КПД такого типа радиационных генераторов электроэнергии достигнет практически важных величин (10% и более).

Важным достоинством описанных выше микропериодических композиций является их оптическая прозрачность, что позволяет преобразовывать в электроэнергию не только ионизирующие, но и солнечное излучение. Наши оценки показывают, что такого типа солнечные батареи по себестоимости будут существенно дешевле полупроводниковых. Кроме того, развитая микрослоистая система положительно и отрицательно заряженных областей создает высокую электрическую емкость этих структур в расчете на единицу объема по типу суперконденсаторов. Такое сочетание в одном устройстве функций генерации электроэнергии и ее накопления приводит к заметным преимуществам в целом ряде ситуаций. Например, максимум производства солнечной электроэнергии приходится на дневное время, а максимум ее потребления – на вечернее. Поэтому имеется потребность произведенное днем электричество законсервировать до вечера. С другой стороны, территории максимального потенциала солнечной энергии и ее оптимального потребления на нашей планете разделены тысячами километров. С этой точки зрения может быть рассмотрена схема зарядки генераторов – накопителей солнечной энергии в одном месте и перевозки их в



зону максимальной потребности без строительства дорогостоящих линий электропередач. Для атомной энергетики совмещение радиационных генераторов с накопителями также может использоваться путем зарядки их в зоне интенсивного облучения (например, в активной зоне реактора) и переносе в зону использования уже вне реактора.

Покидов Антон Павлович, Тел. 8(985) 2407265,

E-mail: pokidov@issp.ac.ru

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА СМАРТ-МИКРОСИСТЕМ, MEMS- И NEMS-УСТРОЙСТВ

Л.С. Раткин

*НИЦ «Курчатовский институт», ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, ООО
«АРГМ», г. Москва, rathkeen@bk.ru*

Как высокоинтегрированные специализированные многофункциональные устройства для обработки, хранения и передачи информации (в защищенном исполнении) современные смарт-микросистемы применимы для широкого спектра задач, в ходе которых производители, поставщики и потребители продукции объединяются в цепочки. Для обеспечения безопасности производства необходимо обеспечить учёт движения потоков данных и их защиту (в частности, от несанкционированного проникновения в канал связи и перехвата управления устройствами), что предполагает еще на стадии проектировании анализ согласованности функционирования соответствующих



подсистем. Среди причин уязвимости смарт-микросистем можно отметить не только интеграцию разнородного программного обеспечения, приобретенного у различных групп разработчиков и посредников в разное время, но и применение различных форматов хранения информации и типов используемых данных, а также отсутствие единой скоординированной и согласованной политики информационной безопасности (для разработчиков подсистем).

Необходимый уровень безопасности в современных смарт-микросистемах может быть достигнут не только с помощью технологий криптографической защиты данных, но и с благодаря стеганографическим методам скрытого хранения и передачи необходимых сведений. Обычной криптозащиты для смарт-микросистем недостаточно: например, при MITM-атаке атакующий смарт-микросистему встраивается в канал связи, а после перехватывает, открывает и изменяет сообщения, которые передаются считывателем или смарт-картой (отсюда – термин «MITM-атака»: «Man-In-The-Middle attack» - атакующий посередине канала связи, между приемником и передатчиком). Такие атаки применяются для охранно-досмотровых комплексах, в системах контроля и управления доступом (СКУД), смарт-микросистемах банковского и промышленного оборудования, а также для радиочастотной идентификации (Radio-Frequency IDentification, RFID) объектов, когда хранящиеся в смарт-картах и RFID-метках данные считываются или записываются посредством радиосигналов, перехватываемых сторонним наблюдателем. Экономический ущерб от взлома промышленных и банковских систем, СКУД и охранно-досмотрового оборудования, а также RFID-



комплексов может исчисляться в миллионах рублей, но и он, согласно экспертным оценкам, оказывается значительно ниже, чем в случае атаки на смарт-микросистему через управляемые MEMS и NEMS-устройства, когда удастся, например, получить управление над беспилотным аппаратом самолетного, вертолетного, сухопутного, надводного или подводного типа. При MITM-атаке атакующий, встраиваясь посередине телекоммуникационного канала, переключает систему управления на себя, блокирует «внешние приказы» системе (снаружи) и превращает «беспилотник» в оружие, например, для совершения террористического акта. Поскольку технологии взлома криптографических систем и оборудование для них непрерывно совершенствуются (вспомним, например, о недавней разработке квантового компьютера канадской компанией «D-Wave Systems» со скоростью вычислений, согласно данным оценочных тестов, в 3600 быстрее современных ЭВМ), и стоимость их разработки на порядки ниже оценки того ущерба, который они могут принести, существующих систем шифрования уже недостаточно для защиты каналов связи и систем управления в промышленной, финансово-экономической, охранно-розыскной и транспортно-логистической отраслях. Необходимо использование криптосистем в сочетании с системами компьютерной стеганографии (КС), позволяющими повысить уровень информационной безопасности для MEMS- и NEMS-устройств.

Применение КС оправданно для смарт-микросистем: в отличие от криптографии, стеганография обеспечивает сам факт сокрытия передачи данных, транспортируя защищаемую информацию в специальном файле-контейнере (стегаконтейнере).



Но если при стадии разработки для конкретного пользователя применение «настраиваемых индивидуально» методов КС для сокрытия данных не предполагает негативных последствий для разработчиков, то уже при окончательной интеграции разнородных систем возникают проблемы, связанные с особенностями их функционирования. Для их решения требуется дополнительная настройка оборудования, которая может быть реализована с помощью авторской разработки, защищенной патентом на изобретение (без соавторов).

Раткин Леонид Сергеевич, Тел.: (915) 450-77-67

E-mail: rathkeen@bk.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CALS, CASE, OLAP И OLTP-ТЕХНОЛОГИЙ В НАНОИНДУСТРИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ СМАРТ-МИКРОСИСТЕМ

Л.С. Раткин

*НИЦ «Курчатовский институт», ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, ООО
«АРГМ», г. Москва, rathkeen@bk.ru*

Среди проблем использования смарт-микросистем для защиты данных необходимо отметить активно применяемый в РФ и за рубежом инструментарий CALS-технологий, обеспечивающий непрерывную информационную поддержку жизненного цикла (ЖЦ) изделий (Continuous Acquisition and Life-cycle Support, CALS). Каждый этап ЖЦ характеризуется накоплением данных о параметрах продукции и анализом степени их соответствия запросам рынка, - это необходимо для того, чтобы новый ЖЦ



начался корректировкой и уточнением характеристик изделий, востребованных на рынке. Данные о закрытых характеристиках должны скрытно передаваться из одного этапа ЖЦ в другой. Необходимо учитывать, что часто разным этапам ЖЦ соответствуют различные предприятия (производители, поставщики и потребители MEMS и NEMS-устройств), системы информационного сопровождения которых нередко разнородны. По этой причине практически необходимо скрыто передавать по цепочке ЖЦ сообщения *переменной* величины в файле-контейнере, имеющем различный формат и переменную структуру.

При применении компьютерной стеганографии (КС) в разнородных информационных средах возможным выходом из ситуации является инжиниринг (перепроектирование) CASE-средствами (компьютерное проектирование программных систем – Computer-Aided Software Engineering, CASE) информационных систем для приведения к единому виду форматов файлов-контейнеров, или же итеративная процедура «сокрытия данных»: каждый заполненный стеганографический файл-контейнер становится сообщением, помещаемым в стеганографический пустой файл-контейнер на следующем этапе (итерации) до тех пор, пока уровень «сокрытия данных» не сравнивается (т.е., не будет ниже) с задаваемым в начале процедуры.

Реализации методов КС также нередко препятствует использование OLAP-технологий оперативной аналитической обработки данных (On-Line Analytical Processing, OLAP), позволяющих строить многомерные информационные кубы (МИК).



Сечения МИК обеспечивают получение выборки данных по запросу в задаваемом разрезе.

Использование КС-механизма сокрытия данных предполагает построения двух OLAP-кубов (открытого и скрытого), различающихся по структуре и числу измерений. Т.к. теоретически в стеганографическом файле-контейнере для любого объекта может быть скрыто любое измерение, получаем задачу построения гиперкуба путём объединения его открытой и закрытой частей. Возможным вариантом построения гиперкуба из двух частей является привлечение аппарата теории функции комплексного переменного (ТФКП), нередко используемого в КС.

Еще одним свойством информационных смарт-микросистем, проблемным при реализации КС-методов, является использование OLTP–технологий оперативной обработки транзакций (On-Line Transaction Processing, OLTP), используемых для обработки ситуаций совместного доступа к общему массиву большого объёма данных. Это позволяет выполнять оперативную обработку обращений к таблицам баз данных информационных смарт-микросистем, содержащим миллионы записей и работающими круглосуточно 7 дней в неделю (например, системы бронирования билетов на поезда и самолеты, снятия или зачисления наличных на карточку в банкомате, вычисления координат через спутниковые системы ГЛОНАСС/GPS, мониторинг беспилотными системами аэрокосмического пространства). В таких системах число строк со скрытыми данными сопоставимо с открытой частью таблицы (например, может составлять до половины от общего объёма данных). В этом случае необходима



разработка механизма для быстрого доступа к сокрытым в стеганографических файлах-контейнерах большим информационным массивам. Учитывая, что время доступа к данным пропорционально их объёму, для обеспечения информационной безопасности смарт-микросистем необходимо выделение дополнительных контейнеров – в них будут располагаться служебные сведения о возможности быстрого доступа к сокрытым данным, хранимые в репозитории. Для *сокрытия* данных в служебных контейнерах формируется стегорепозиторий. Файлы разных типов, выполняющие роль вспомогательных контейнеров (например, драйверов информационных систем), конструируются соответствующим образом. Также возможно применение файлов с речевыми сообщениями и видеофайлов или аналогичных им, стойких к стеганографическому анализу.

Перечисленные свойства затрудняют применение КС для сокрытия данных в смарт-микросистемах. В обычных системах таких проблем не возникает по причине *общности* форматов и типов данных, *однородности* стиля программирования и *единой* политики информационной безопасности руководства предприятия, эксплуатирующего одну смарт-микросистему.

Для обеспечения информационной безопасности смарт-микросистем методами КС целесообразно усовершенствование механизмов скрытого хранения и конвертирования информации для обеспечения стегоустойчивости скрываемых данных к перехвату в сетях корпоративного уровня в процессе передачи. Поскольку криптографических систем для защиты смарт-микросистем недостаточно, в условиях разноформатности файлов-контейнеров



целесообразно комбинирование криптографических и стеганографических методов для смарт-микросистем с помощью автотской технологии, защищенной патентом в РФ и за рубежом.

Раткин Леонид Сергеевич, Тел.: (915) 450-77-67

E-mail: rathkeen@bk.ru

ПРОТОТИП НЕЙРОМОРФНОГО СОПРОЦЕССОРА НА ОСНОВЕ МЕМРИСТОРОВ ИЗ СМЕШАННОГО ОКСИДА МЕТАЛЛОВ

С.Ю.Удовиченко, А.Н.Бобылев, А.Н. Бусыгин, А.Д. Писарев, В.А. Филиппов

*Тюменский государственный университет, г. Тюмень,
udotgu@mail.ru*

Настоящая разработка относится к области нейроморфной наноэлектроники. Создано электронное устройство на основе мемристорной микросхемы, интегрированной с КМОП микропроцессором. Такое интегрирование уже применяется при разработке нейроморфных сетей [1]. Нейроморфный процессор IBM TrueNorth [2] на основе традиционной КМОП логики обладает энергозависимой памятью. Использование мемристоров в таком процессоре в будущем позволит значительно уменьшить требуемое число транзисторов для моделирования среза кортикальной колонки за счет увеличения числа возможных состояний синаптических связей.

В предлагаемом электронном устройстве использована возможность соединения КМОП реализаций модели тела нейрона с



мемристивным кроссбаром, проводники которого играют роль аксонов и дендритов, а мемристоры имитируют биологические синапсы. Такая аналоговая структура способна к ассоциативному запоминанию и объединяет память и процессинг в одном электронном устройстве.

Мемристорная микросхема выполнена по технологии «кроссбар» на основе слоя смешанного оксида металлов. В магнетронном модуле нанотехнологического комплекса «НаноФаб-100» методом распыления двух катодов из алюминия и титана в среде кислорода получена композитная тонкопленочная структура $TiN/Ti_{0.92}Al_{0.08}O_{1.96}/TiN$ с толщиной активного слоя 20 нм. С помощью маски, выполненной методом электронно-лучевой литографии, сверху и снизу пленки смешанного оксида нанесены 16 проводящих дорожек (всего 256 мемристоров). Отношение сопротивлений в высокоомном и низкоомном состояниях в этой структуре более 700, в то время как в двухслойной структуре $Pt/TiO_{2-x}/Al_2O_3/Pt$, полученной в [1], достигает величины 100. Указанное отношение сопротивлений должно быть максимально большим, поскольку для нейроморфных вычислений важно существование множества промежуточных синаптических состояний [3].

На рис.1. представлена мемристорная микросхема, а на рис.2. - лабораторная системная плата электронного устройства.

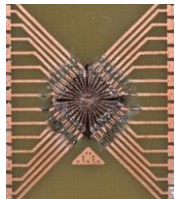


Рис.1. Микросхема

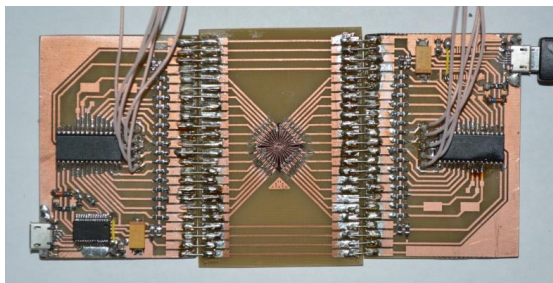


Рис.2. Лабораторная системная плата

В схеме обучаемого электронного устройства задействованы два КМОП микропроцессора, соединённых между собой кроссбаром мемристоров. На микропроцессорах установлен программный продукт ИТ компании «Объединение когнитивных ассоциативных систем» (ОКАС), моделирующий работу фрагмента кортикальной колонки мозга и предполагающий использование 128 мемристоров в качестве синапсов. Программа обеспечивает запоминание, припоминание с учетом поступивших в сеть сигналов, ветвление ассоциаций и синтез знания как ассоциативную рекомбинацию. Она реализована на языке C++, с использованием библиотек параллельного программирования для многоядерных систем с общей памятью. Для расчета прохода сигнала по нейросети применяются полиноми-альные функции. Адаптированная к электронному устройству программа написана на языке assembler по принципу конечного автомата (что является перспективным подходом для алгоритмической реализации искусственного интеллекта).



Обучение аппаратно-программной нейросети выполнялось импульсами надпорогового напряжения. Во обученном мемристоре при изменении подпорогового напряжения измерялась проводимость в различных состояниях.

Созданное электронное устройство является важным шагом на пути к промышленному нейроморфному процессору с различными функциями – компьютерного зрения, слуха, чтения текстов и т.д.

Литература.

1. Prezioso M. et al. // Nature. 2015. V.521. P.61-64.
2. Merolla P.A. et al. // Science. 2014. V. 345. P. 668-672.
3. Jo S. H. et al. // Nano Letters. 2010. V.10. P.1297-1301.



Нанотехнологии в ТЭК

ОБ ЭНЕРГЕТИКЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ

Р.П. Заднепровский

НИИ инновационных технологий, г. Волгоград

Энергетические показатели сцепления исходных дисперсных материалов являются главным фактором разработки параметров технологий использования таких материалов для получения конечной продукции в различных областях промышленности. Для горных пород расчетные и экспериментальные значения сил сцепления частиц меняются в широком диапазоне. Силы сцепления между микрокристаллами глинистых горных пород имеют интервал $0,1 - 0,001$ Н при числе контактов $n = 10^6 - 10^8$ на 1см^2 . Энергетический показатель единичного контакта для коагуляционных связей $U = 10^{-7} - 10^{-5}$, а для кристаллизационных связей – порядка $10^{-1} - 10^{-3}$ Дж/см³. Ориентировочно, для глобулярной структурной модели материала $n = 1/4(\rho r)^2$. Здесь r – эффективный радиус частиц дисперсий, ρ – показатель пористости. Для глинистых пород величина $0,6 > \rho > 0,26$. Энергетический показатель сцепления глинистых пород $\Theta = 1 - 10$ Дж/г. Для влажности нижнего предела пластичности глин, когезионный показатель (сцепление) $P_k < 3 \cdot 10^4$ Па, а для сухих глинистых пород достигает 10^6 Па. Затвердевшие цементы имеют прочность на сжатие $(1 - 8) \cdot 10^7$ Па, но прочность на растяжение в 8-15 раз меньше. Для повышения общей прочности изделий на



основе различных вяжущих добавок (глина, цемент, известь и др.) необходимо резкое увеличение количества контактов молекулярно-ионного сцепления. Представляется реальным повышение числа контактов в 5-10 раз, а теоретически – до 100. Это следует из более глубоких термодинамических соображений и размерно-энергетической иерархии частиц (от наноразмерных до кластерно-кристаллических ассоциатов). Относительная пористость для большинства дисперсных пород $0,3 < \alpha < 0,7$. Повышение числа контактов возможно при использовании электромагнитных, акустических и тепловых полей и изменения структуры при измельчении.

Электромагнитная активация (ЭМА) жидкостей приводит к изменению структурно-физических свойств водосодержащих материалов, и тем самым, открывает перспективы новых практических реализаций. Наложение электрического поля напряженностью $E=2-3\text{В/см}$ до начала интенсивного структурообразования приводит к росту периода твердения грунтов и строительных растворов. Магнитная обработка глинистых паст при напряженности до 50 кА/м и скорости пересечения магнитного поля 0,3- 1,3 м/с повышает или снижает до 35% (в зависимости от режима омагничивания) их когезию и адгезию к металлам.. Воздействие ЭМА является элементом нанотехнологий (для объемного материаловедения), позволяющее длительное время (от нескольких часов до нескольких суток) создавать существенное неравновесное энерготермодинамическое состояние воднодисперсных систем (ВДС) и тем самым влиять на ее конечное состояние в процессах фазопревращений или переноса веществ.



Для режима воздействия ЭМА разработана методика определения его оптимизации по показателям изменения углов смачивания и скатывания, электродного потенциала, капиллярного поднятия и измерению сил адгезии и когезии. В опытах отмечена возможность значительного повышения эффективности комбинированного воздействия слабых электромагнитных полей с акустическими и тепловыми полями для минеральных ВДС. Структура материалов меняется от зернистой до слоистой и волокнистой. Вследствие этого универсального эффективного способа и устройства для измельчения не существует. Можно использовать способы измельчения основанные на ударно-импульсном воздействии, виброударном, истирании-раздавливании, резании и комбинации указанных способов. Тонкому измельчению способствует использование гидроударных и газовых струй. В специальных случаях используются электромагнитные, термические воздействия и другие физико-химические явления (например, эдектрогидравлический удар). В реальных измельчающих установках механического типа ударное воздействие всегда сопровождается трением и вибрацией. Чрезвычайно важная роль удельной поверхности исходных компонентов строительных смесей для достижения высокой прочности и долговечности конечных строительных материалов определяет значительность проблемы снижения энергоемкости и соответствующих экономических затрат для различных способов получения тонкодисперсных компонентов. Возможна предварительная расчетная оценка энергоемкости получения основных исходных компонентов заданной дисперсности (по удельной поверхности $-S$) по стандартным



показателям прочности: предельным напряжениям разрушения материалов на растяжение- σ , сжатие- $\sigma_{сж}$ или сдвиг- τ . Наименьшая энергоемкость соответствует разрушению растяжением, однако преимущественное использование этого типа разрушения в практических технологиях не достигается или отсутствует. В различных конструкциях измельчающих устройств, преимущественно, происходит разрушение при сжатии и использовании предельных касательных напряжений. Общая энергия на измельчение представляется в виде: $N = N_P + N_C + N_T + N_X + N_B$, где N_P, N_C, N_T, N_X, N_B - соответственно, затраты энергии (удельные мощности) на: разрушение межчастичных связей до конечной стадии измельчения; сообщение кинетической энергии продуктам измельчения; трение; динамические потери в рабочем органе (холостой ход, разгон-торможение); процессы реагрегации. Под реагрегацией понимается самопроизвольный процесс укрупнения ультрамелких частиц появляющихся при измельчении. Предполагается, что всегда существуют мельчайшие частицы и их агрегаты с внутренним сцеплением (когезией) более значительным, чем межчастичные связи. Характеристику прочности (как энергию межчастичных связей) можно представить в виде: $\sigma = AS$, где A – удельная работа на образование единицы поверхности (Нм/м²). В этом случае, энергоемкость измельчения $\mathcal{E} = ASd_1 / \gamma d_2^2$ (Дж/кг), где γ – плотность, d_1, d_2 – начальный и исходный (минимальный) среднеинтегральный размер



частиц. Удельная поверхность – $S = b/d$, где коэффициент формы частиц $b=2-4$. Опыты с нанокремнеземными и нанокремнеземными добавками к цементу показали положительный эффект при весьма малой доле наночастиц (до 10-3 %) , однако их высокая стоимость оправдывается лишь при повышении прочности более 25-30%. В ряде случаев отмечается парадоксальные изменения прочности и пластичности. На фоне общей закономерности роста прочности при снижении пластичности может наблюдаться и отрицательный эффект при вводе микро- и нанодобавок на разных стадиях структурообразования не отвечающих достаточно высокому энергетическому уровню. Эффективная доля активных добавок(например, углеродно-кремнеземного состава) составляет 0,01-0,001%. Эффективность использования для повышения прочности строительных материалов низкоконцентрированных суспензий из минерала шунгита открывает возможность получения подобных нанокремнеземных суспензий из отходов угледобывающей, металлургической, топливной промышленности (сажа, зола, шлаки и т.п.). При рациональном сочетании активных нанодобавок и ЭМА оптимального режима возможно повышение прочности низко марочных бетонов в 2-3 раза.



Наноструктурированные металлы и сплавы

НАНОМАТЕРИАЛЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Р.А. Андриевский

*Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка,
ara@icp.ac.ru*

Будучи по природе неравновесными, наноматериалы весьма чувствительны влиянию высоких температур, воздействиям облучения, деформационных нагрузок и коррозионной атмосферы. В этих по существу экстремальных условиях наноструктура может претерпевать необратимые изменения, превращаясь в обычную крупнозернистую структуру с неизбежной потерей высокого уровня физико-химических и механических свойств, первоначально присущих наноматериалам. В этой связи проблема их стабильности в экстремальных условиях имеет первостепенное значение. В докладе на примере наноматериалов на основе металлов, сплавов и тугоплавких соединений подробно характеризуется современное состояние экспериментальных и теоретических исследований в этой области [1,2].

Особый интерес в последнее время вызывают наноматериалы с двойниковой и градиентной структурой. Имеется много положительных примеров высокой устойчивости этих объектов воздействию экстремальных воздействий, причем не только в изолированном виде, но и комбинированных типа температура + деформация или деформация + облучение.



Охарактеризованы основные методы получения наноматериалов с двойниковыми и градиентными структурами. Подчеркнуты нерешенные и слабоизученные аспекты.

1. R.A. Andrievski, A.V. Khatchoyan. Nanomaterials in Extreme Environments. Fundamentals and Applications. Springer Int. Publ., Switzerland, 2016. – 107 p.
2. Р.А. Андриевский. Наноматериалы металлического типа в экстремальных условиях. М.: Лаборатория знаний, 2016.

Андриевский Ростислав Александрович; Тел. 89104642217;
E-mail: ara@icp.ac.ru

ДЕГРАДАЦИЯ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНА В УСЛОВИЯХ МНОГОЦИКЛОВЫХ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В.Е. Громов¹, К.В. Аксёнова¹, Ю.Ф. Иванов^{2,3}, С.В. Коновалов¹

1) *Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, gromov@physics.sibsiu.ru*

2) *Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск*

3) *Национальный исследовательский Томский политехнический
университет, Томск, yufi55@mail.ru*



Методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии выполнен анализ изменения структурно-фазовых состояний силумина, подвергнутого электронно-пучковой обработке с последующим усталостным нагружением до разрушения. Показано, что плавление поверхностного слоя силумина интенсивным импульсным электронным пучком и последующая высокоскоростная кристаллизация (независимо от используемых в работе режимов облучения) приводят к формированию эвтектики, имеющей столбчатое строение [1, 2]. Столбчатая структура имеет двухфазное строение и сформирована слоями твердого раствора на основе алюминия, разделенными прослойками кремния, поперечные размеры которых ~ 80 нм. Структура скоростной кристаллизации имеет ячеистое строение, средние размеры ячеек ~ 450 нм. В объеме ячеек кристаллизации присутствует дислокационная субструктура в виде отдельно расположенных дислокаций. Центрами кристаллизации эвтектики являются свободная поверхность образца, а также не растворившиеся при ЭПО включения интерметаллидов и кристаллы кремния.

Усталостные испытания приводят к существенному преобразованию структуры высокоскоростной кристаллизации. При сравнительно малом количестве циклов нагружения ($1,32 \cdot 10^5$ циклов) структура ячеистой кристаллизации сохраняется, однако существенным образом модифицируется состояние прослоек кремния: они разбиваются на отдельно расположенные частицы глобулярной формы, размеры которых изменяются в пределах 15-30 нм. Микроэлектронограммы, полученные с прослоек кремния, имеют кольцевое строение, что указывает на наноструктурное



состояние прослоек, т.е. формирование отдельно расположенных частиц кремния наноразмерного диапазона. Наноразмерные частицы кремния выявляются как на границе раздела ячеек алюминия, так и в объеме ячеек. Последнее может указывать на вынос кремния в атомарном виде или в виде наноразмерных частиц из прослоек в объем ячеек. Факт перемещения дислокаций в процессе усталостных испытаний подтверждается формированием в объеме ячеек дислокационной субструктуры в виде сеток или хаотически распределенных дислокаций; скалярная плотность дислокаций $\approx 2 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$.

После $5,17 \cdot 10^5$ циклов нагружения, во-первых, в 2-3 раза увеличивается толщина прослоек кремния, разделяющих ячейки алюминия. Во-вторых, прослойки фрагментируются, т.е. разбиваются на разориентированные полосы, в объеме которых выявляется наноразмерная (в пределах 10 нм) субструктура. В-третьих, увеличивается скалярная плотность дислокаций до значений $\approx 3,4 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$. В-четвертых, наблюдается процесс перестройки дислокаций – структура хаотически распределенных дислокаций замещается сетчатой дислокационной субструктурой. Деформационное воздействие, имеющее место при многоциклового усталости ($5,17 \cdot 10^5$ циклов), приводит не только к наноструктуризации прослоек кремния, расположенных по границам ячеек алюминия, но и к частичному или полному разрушению структуры ячеистой кристаллизации. Разрушение структуры ячеистой кристаллизации сопровождается глобуляризацией частиц кремния, располагающихся равномерно в объеме зерна, на дислокациях или в узлах дислокационных сеток.



Литература

1. Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Glezer A.M., Konovalov S.V., Alsaraeva K.V. Structural Evolution of Silumin Treated with a High-Intensity Pulse Electron Beam and Subsequent Fatigue Loading up to Failure // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. 2015. Vol. 79, No. 9. pp. 1169–1172.
2. Konovalov S.V., Alsaraeva K.V., Gromov V.E., Ivanov Yu.F., Semina O.A. The influence of electron beam treatment on Al-Si alloy structure destroyed at high-cycle fatigue // Key Engineering Materials, 2016. Vol. 675-676. pp. 655-659.

Громов Виктор Евгеньевич, профессор, Тел.: (3843) 784366
E-mail: gromov@physics.sibsiu.ru

НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ РЕЛЬСОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В.Е. Громов¹, О.А. Перегудов¹, К.В. Морозов², Ю.Ф. Иванов^{3,4}, К.В. Аксёнова¹

1) *Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, gromov@physics.sibsiu.ru*

2) *ОАО «Евраз – Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат», Новокузнецк, volkov_kv@nkmk.ru*

3) *Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, yufi55@mail.ru*



4) Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск

Методами оптической, сканирующей, просвечивающей электронной дифракционной микроскопии и измерения микротвердости и трибологических параметров установлены закономерности изменения структурно-фазовых состояний и дефектной субструктуры поверхностных слоев рельсов до 10 мм по центральной оси и по выкружке после длительной эксплуатации (пропущенный тоннаж 500 и 1000 млн. тонн брутто). Показано, что скорость износа по центральной оси увеличивается в 3 и 3,4 раза при пропущенном тоннаже 500 и 1000 млн. тонн, соответственно, а коэффициент трения снижается в 1,4 и 1,1 раза. Наиболее существенные преобразования структуры материала выявляются на поверхности рельсов [1, 2]. Во-первых, эксплуатация рельсов приводит к фрагментации структуры стали, т.е. делению зерен на области с малоугловой разориентацией. Размеры фрагментов зависят как от степени эксплуатации рельсов, так и от расстояния анализируемого слоя от поверхности выкружки. Средние размеры фрагментов многократно (более чем в 8 раз) снижаются при увеличении грузоперевозок от 500 млн. т до 1000 млн. т. Одновременно с этим увеличивается степень разориентации фрагментов. На границах фрагментов обнаруживаются частицы карбидной фазы. Частицы имеют округлую форму, размеры частиц изменяются в пределах 10-20 нм. Следовательно, фрагментация структуры сопровождается преобразованием карбидной подсистемы стали. А именно, разрушением исходных выделений цементита и их повторным образованием на границах фрагментов. Во-вторых, эксплуатация рельсов сопровождается преобразованием



дислокационной субструктуры: фиксируется увеличение скалярной $\langle r \rangle$ и избыточной $\rho \pm$ плотности дислокаций, наблюдается переход от субструктуры дислокационного хаоса к сетчатой субструктуре. В-третьих, многократно (более чем в 6 раз) возрастает величина кривизны-кручения кристаллической решетки стали χ . Последнее свидетельствует об увеличении внутренних полей напряжений в стали при эксплуатации.

Совокупность установленных закономерностей позволила выявить механизмы упрочнения поверхностного слоя рельсовой стали, подвергнутой длительной эксплуатации [3, 4]. Во-первых, субструктурное упрочнение, обусловленное формированием наноразмерных фрагментов, границы которых стабилизированы частицами карбидной фазы. Во-вторых, упрочнение частицами карбидной фазы, расположенными в объеме фрагментов и на дислокациях (дисперсионное упрочнение). В-третьих, упрочнение, обусловленное формированием на дислокациях атомами углерода атмосфер Коттрелла и Сузуки. В-четвертых, твердорастворное упрочнение, обусловленное возможным насыщением кристаллической решетки α -фазы атомами углерода. В-пятых, упрочнение, вносимое внутренними полями напряжений, формирующимися вследствие несовместности деформации соседних зерен, α -фазы и расположенных в ней частиц карбидной фазы.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №15-12-00010.



Литература

1. Gromov V.E., Peregudov O.A., Ivanov Yu.F., Morozov K.V., Alsaraeva K.V., Semina O.A. Surface layer structure degradation of rails in prolonged operation // Journal of Surface Investigation. X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2016. – Vol. 10, No. 1. – P. 76–82.
2. Peregudov O.A., Gromov V. E., Ivanov Yu. F., Morozov K.V., Alsaraeva K.V., Semina O.A. Structure-phase states evolution in rails during a long operation // AIP Conference Proceedings. – 2015. – Vol. 1683. – P. 020179.
3. Ivanov Yu.F., Gromov V.E., Peregudov O.A., Morozov K.V., Yuriev A.B. Evolution of the structure and phase states of rails in prolonged operation // Steel in translation. – 2015. – Vol. 45, No. 3. – P. 254-257.
4. Иванов Ю.Ф., Морозов К.В., Перегудов О.А., Громов В.Е., Попова Н.А., Никоненко Е.Н. Механизмы упрочнения рельсов при длительной эксплуатации // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2015. № 4. С. 98-103.

Громов Виктор Евгеньевич, профессор, Тел.: (3843) 784366
E-mail: gromov@physics.sibsu.ru

ДЕФОРМАЦИОННО-ХИМИЧЕСКОЕ УЛУЧШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕМ

Н.В. Классен, Е.Н. Классен, Н.П. Кобелев, Е.Н. Колыванов,
В.И. Орлов

Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка



В данной работе совмещаются два известных метода улучшения химических и прочностных свойств поверхностей металлов: деформационный наклеп и химическое легирование. Результаты совмещения перспективны и по технической простоте, и по достигнутым результатам. Основа нового способа деформационно – химической обработки – хорошо известный процесс шариковой или роликовой обкатки. На основании детального изучения зависимости процесса от ключевых параметров (скорость обкатки, сила прижима, геометрия инструмента, скорость его поперечного смещения) для разных типов металлов определены условия формирования требуемых профилей приповерхностного слоя – наноскопически гладких с плоской или волнистой поверхностью, включающих систему микротрещин и т.д. Установлено, что при адекватно подобранном режиме обкатки возможно не только формирование nano - гладкого профиля поверхности с заметным повышением микротвердости, но и улучшение атомно – кристаллической структуры приповерхностного слоя, на что указывает уменьшение угловой ширины рефлексов рентгеновской дифрактометрии. Более того, коэффициент отражения видимого света от обкатанного алюминия по сравнению с алюминиевым зеркалом, изготовленным вакуумным напылением, увеличился с 88 % до 92 %. То есть поглощение света при отражении от поверхности обкатанного алюминия снизилось в полтора раза. Отсюда следует вывод, что в результате обкатки длина свободного пробега свободных электронов, которые и определяют эффективность оптического отражения, существенно возросла, т.е. плотность структурных дефектов в приповерхностном слое в результате обкатки заметно снизилась. О том же свидетельствуют приведенные выше



данные рентгеновской дифрактометрии. Поверхность, обкатанная таким образом, становится существенно прочнее не только механически, но и химически. Например, медь или нелегированная сталь после обкатки гораздо сильнее сопротивляются окислению при повышенных температурах. Наряду с химической стойкостью возрастает и радиационная прочность обкатанного металла, что выражается в значительно возросшем сопротивлении к радиационному распуханию. Электронно-микроскопические исследования таких поверхностей показали, что размеры отдельных зерен в приповерхностном слое с десятков микрон уменьшились до долей микрона, т.е. стали наноскопическими. Все приведенные выше факты улучшения свойств приповерхностного слоя можно объяснить созданием в нем нано - зеренной структуры. Этим обусловлено возрастание твердости, т.к. границы зерен препятствуют деформационному массопереносу атомов. С другой стороны, эти границы слабо рассеивают свободные электроны – вероятно, потому, что расположение атомов в соседних нанозернах скоррелировано друг с другом. Увеличение химической прочности можно объяснить двумя факторами: при доведении гладкости поверхности до наноскопической количество ступенек и других типов шероховатости, служащих центрами адсорбции сторонних атомов и молекул, значительно уменьшается, снижая скорости реакций с внешними реагентами. Кроме того, возросшая плотность материала в межзеренной области по сравнению с поликристаллами существенно замедляет скорости проникновения чужеродных веществ внутрь металла. С другой стороны, радиационные дефекты, создаваемые



в материале ионизирующим облучением, за счет его наноскопичности гораздо быстрее диффундируют к расположенной в непосредственной близости межзеренной границе и там аннигилируют, что объясняет возросшую радиационную прочность. Возможность проводить обкатку в несколько стадий позволяет сначала сформировать нанотрещиноватый слой, одновременно вводя в нанотрещины молекулы тех веществ, которые надо закрепить в приповерхностном слое (например, политетрафторэтилена). Последующая выглаживающая обкатка закрепляет введенные молекулы и создает наногладкий профиль с перечисленными выше его достоинствами. Но при этом поверхность приобретает еще и новые физико-химические свойства – например, антисмачивание и антитрение тефлона. Но в отличие от тефлоновых сковород молекулы тетрафторэтилена, введенные обкатной, надежно закреплены. Таким же образом можно вводить в приповерхностный слой и надежно закреплять другие облагораживающие вещества. Для стали это могут быть углерод, алюминий, хром и др. Принципиальное достоинство такого рода деформационно – химической обработки в том, что она не требует специальных заводских условий и может проводиться автономно в открытом поле. Таким образом можно защищать самолеты и провода электропередач от обледенения, опоры мостов и трубопроводы от коррозии, снижать сопротивление трения воды и атмосферы для водных и воздушных судов и т.д.

Классен Николай Владимирович, к.ф.-м.н., доцент, Тел. 8(903) 7161631,
E-mail: klassen@issp.ac.ru



**УСТАНОВЛЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ
СВАРОЧНЫМИ МЕТОДАМИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА
МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ**

С.В. Коновалов¹, В.Е. Громов¹, В.Е. Кормышев¹, С.А. Невский¹,
В.Д. Сарычев¹, Ю.Ф. Иванов², И.А. Комиссарова¹

1) *Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, gromov@physics.sibsiu.ru*

2) *Институт сильноточной электроники СО РАН, Томск,
yufi55@mail.ru*

Методами современного физического материаловедения проведено исследование формирования наплавочными методами износостойких покрытий на мартенситной стали марки Hardox 450. Наплавку осуществляли в среде защитного газа состава 82 %Ar, 18%CO₂ порошковой проволокой на основе Fe, содержащей 1,4% C, 1,0% V, 7,0% Cr, 8,0% Nb, 1,2% W, стойкой к абразивному износу и эрозии в условиях умеренных ударов.

Выполнены исследования фазового состава, дефектной субструктуры, механических и трибологических свойств наплавленного металла. Установлено, что твердость наплавленного слоя в 2 раза, а износостойкость в 140 раз превышают эти же характеристики исходной стали. Показано, что повышенные физико-механические свойства наплавленного слоя вызваны формированием многофазной субмикро- и наноразмерной структуры, упрочнение которой обусловлено мартенситной структурой α -матрицы и наличием высокой (более 36 %) объемной доли включений оксидной и карбидной фаз.

Проведена интерпретация установленных закономерностей с привлечением магнитогидродинамической



модели с использованием уравнений Навье-Стокса и Максвелла и граничных условий на поверхности. Установлено, что при направке металла возникают три вихревые зоны: 1) в непосредственной близости катода и оси симметрии; 2) вблизи оси симметрии примерно на середине расстояния между катодом и анодом; 3) вблизи анода. Выявлено, что образование первого вихря вблизи катода и его существование 1 мкс создает благоприятную ситуацию для формирования наноразмерных мелких частиц из расплавленного материала.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-19-00065).

Коновалов Сергей Валерьевич, д.т.н., доцент, Тел.: (3843) 770-960,
E-mail: konovserg@gmail.com



**НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
МАГНИТОТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ
НАНОФЕРРОМАГНЕТИКОВ**

С.В.Михайлин¹, Э.Л. Дзидзегури²

- 1) ООО «Научно-производственное объединение «Магнитные материалы», г. Москва, sniti-sm@yandex.ru
- 2) Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г.Москва, avrore@gmail.com

Наиболее энергоёмкими материалами для постоянных магнитов в настоящее время являются материалы на основе сплавов класса неодим – железо – бор, полученных методами спекания и имеющих кристаллическую структуру. Однако стоимость указанных материалов высокая, а запасы сырья, используемого для их получения, ограничены.

Наиболее важным направлением работ по получению магнитных материалов с высокими магнитными свойствами и в перспективе экономически выгодными может быть разработка композиционных наноматериалов на основе таких ферромагнетитов, как железо и кобальт.

Приведены физические основы получения магнитных материалов на основе наноферромагнетитов. Показано, что области однодоменности наноферромагнитных материалов лежат в пределах от 20 нм и более.

Приведены данные по особенностям получения постоянных магнитов на основе однодоменного железа и системы железо-кобальта различными методами.



Приведены результаты по исследованию процесса получения опытных образцов магнитных материалов на основе наноразмерных Fe и Co [1 - 12].

Наиболее важным направлением в области получения магнитных материалов на основе наноферромагнетиков является развитие теоретических и экспериментальных представлений о наноразмерном состоянии вещества, размерных зависимостях физических свойств, дисперсных характеристиках и структуре нанопорошков металлов для оптимизации и интенсификации их практического применения.[13 - 16].

[1] W. H. Meiklejohn, Rev. Mod. Phys. 25. 302 (1953).

[2] Магнитные свойства металлов и сплавов. Иностранная литература. (1961). 200.

[3] Постоянные магниты под редакцией Ю.М. Пятина. Энергия (1980),342-343.

[4] A.N. Morish , Morphology and Physical Properties of Gamma Iron Oxide. Vol.2. of Crystals, Ed. by H.C.Freyhardt, Berlin: Springer-Verlag (1980).

[5] С.В.Михайлин. Постоянные магниты на основе высокодисперсных порошков. Доклад на X всесоюзной конференции по постоянным магнитам. Суздаль. (1994).

[6] Российский патент №1769625А1. кл. H01 Г/06 (1993).

[7] Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л.Дзидзигури. Наноматериалы. БИНОМ.(2008).

[8] В.И.Петинов. ЖТФ (2012) Т.82. вып.2. 147-149.



[9] С.В.Михайлин. Физические основы получения магнитных материалов на основе нанопорошков. Доклад на Научной сессии НИЯФИ МИФИ, том 1, Инновационные ядерные технологии. (2013).

[10] С.В.Михайлин. Доклад на 4-ой международной научно-технической конференции «Технологии микро и наноэлектроники в микро- и наносистемной технике. (2014).

[11] С.В. Михайлин. Магнитная анизотропия аднодоменных частиц. Доклад на Научной сессии 5-ой ежегодной конференции НОР(2014).

[12] С.В.Михайлин. Физические основы получения магнитных материалов на основе нанопорошков. Нанотехнологии.Наука и производство. № 2. (2014).

[13] Дзидзигури Э.Л., Карпачёва Г.П., Перов Н.С., Самохин А.В., Шатрова Н.В. Влияние способа получения на свойства нанопорошков кобальта // Изв. Томского полит. Уни-та. – 2014. – Т. 324. – С. 7 – 15.

[14] Калашников С. В., Номоев А. В., Дзидзигури Э. Л. Использование метода инверсных фигур Хладни для разделения частиц по размерам // Физика и химия обработки материалов. – 2014. – № 4. – С. 68 – 73.

[15] Karpacheva G.P., Ozkan S. Zh., Ereemeev I.S., Bondarenko G.N., Dzidziguri E. L., Chernavskii P. A. Synthesis of hybrid magnetic nanomaterial based on polydiphenylamine-2-carboxylic acid and Fe₃O₄ in the interfacial process // Eur. Chem. Bull. – 2014. – № 3(10). – P. 1001 – 1007.



Дзидзегури Элла Леонтьевна, тел.7(916) 784-70-24, E-mail: gvzore@gmail.com

МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ НАНОСТРУКТУР В РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПРИ ИЗНАШИВАНИИ

С.А. Невский, В.Д. Сарычев, В.Е. Громов

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, snevskiy@bk.ru*

Изучение градиентных структур, образующихся при интенсивных контактных взаимодействиях материалов осуществлялось в [1]. В этой работе отмечается конвективный характер течения материалов и образование наноструктур. Теоретически формирование таких структур рассмотрено в [2] на основании неустойчивости Кельвина-Гельмгольца слоев идеальной и вязкой жидкости для воздействия плазменных потоков. В [3] установлено вихреобразное течение материала, напоминающее по внешнему виду зону турбулентного течения в жидкостях. Этот эффект, согласно [3], заключается в следующем: под действием силы трения происходит перемещение материала поверхностного слоя вдоль направления скольжения. Его движение можно сравнить с ламинарным течением вязкой жидкости, скорость которого неодинакова по сечению потока. Следовательно, в различные моменты времени на различной глубине, на границах упругих и пластически деформированных областей, и внутри зон интенсивного пластического сдвига существуют поверхности тангенциального разрыва скорости. С точки зрения гидродинамики



на таких поверхностях имеет место абсолютная неустойчивость, представляющая собой простейший случай неустойчивости Кельвина-Гельмгольца – абсолютной неустойчивости специального типа поверхностей раздела, отделяющих друг от друга области течения, заполненные одной и той же или разными жидкостями, движущимися с разной скоростью. Поэтому область контакта можно представить в виде двух подобластей: первая контактирует непосредственно с неподвижным материалом и обладает вязкостью, вторая - движется в силу проскальзывания в системе колесо-рельс.

Для каждой из областей запишем уравнения Навье-Стокса, Эйлера, кинематические и динамические граничные условия. Поиск решения в виде бегущей гармонической волны приводит к следующему дисперсионному уравнению:

$$(2\nu k^2 + \omega)^2 + \mu(\omega + iku_0)^2 + \omega_0^2 = 4\sqrt{\nu^3 k^6 (\nu k^2 + \omega)} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{\rho_2}{\rho_1} cth(kH), \quad \omega_0^2 = \frac{\sigma}{\rho_1} k^3$$

где $\omega = \alpha + i\Omega$ -- частота, ν

– кинематическая вязкость, k – волновое число, σ – поверхностное натяжение, u_0 – относительная скорость слоев.

$$\tilde{\alpha} = \frac{\alpha}{\nu k^2} \text{ и}$$

Численное решение (1) в безразмерных переменных

$$p = \frac{u_0}{\nu k} \text{ при } \mu \sim 10, \nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}, \sigma = 1,91 \text{ Н/м}, \rho = 7800 \text{ кг/м}^3, u_0 = 30 \text{ м/с.}$$

приведено на рисунке 1.

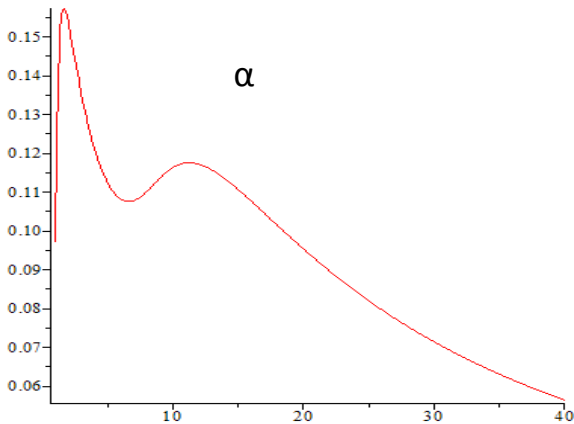


Рисунок 1. Зависимость декремента от безразмерной координаты

Из рисунка видно, что зависимость декремента имеет два максимума. Первый максимум приходится на нанодиапазон и соответствует длине волны 320 нм, а второй на микродиапазон и соответствует длине волны 2,8 мкм. С увеличением скорости второй максимум становится размытым, а первый смещается в сторону меньших длин волн.

Исследование выполнено за счет гранта Российского Научного Фонда (№ проекта 15-12-00010)

Ivanisenko Yu., W. Lojkowski, Valiev R.Z., Fecht H.-J. The mechanism of formation of nanostructure and dissolution of cementite in a pearlitic steel during high pressure torsion // Acta Mater., 2003. – V. 51. – № 18. – P. 5555-5570.

Сарычев В.Д., Ващук Е.С., Будовских Е.А., Громов В.Е. Образование наноразмерных структур в металлах при воздействии



импульсных плазменных струй электрического взрыва // Письма в Журнал технической физики.– 2010.– Т. 36. –№ 14.– С. 41-48.

Tarasov S., Rubtsov V., Kolubaev A. Subsurface shear instability and nanostructuring of metals in sliding // Wear. 2010. V. 268. № 1. P. 59-66.

Невский С.А.

E-mail: snevskiy@bk.ru

ИЗУЧЕНИЕ АДсорбЦИОННО-СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА СПЛАВА Al-5%Pb ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ВОДОЙ

В.Г. Шевченко, А.В. Рябина

*ФГБУН Институт химии твердого тела УрО РАН, ГСП-145,
г. Екатеринбург, shevchenko@ihim.ru*

Сплавы алюминия с элементами периодической системы имеют огромное значение для развития современных и перспективных отраслей промышленности. В последние годы заметно возросло практическое значение дисперсных, в том числе нанодисперсных металлических материалов, к которым проявляют интерес такие передовые отрасли хозяйства, как авиакосмическая промышленность, ракетная техника различного назначения, оборонная промышленность.

В работе проанализированы адсорбционно-структурные особенности порошка сплава Al-5%Pb до и после взаимодействия с водой. Приведены результаты исследования морфологии и



фазового состава продуктов окисления, рассчитана удельная поверхность и пористость порошков. Объекты исследования настоящей работы были получены распылением расплавов азотом с последующей газоплазменной переоконденсацией их в условиях низкотемпературной плазмы на установках ГНИИХТЭОС [1]. Изотермы адсорбции рассматриваются с позиции соответствия их изотермам по классификации С.Брунауэра, Л.Деминга, У.Деминга и Э.Теллера (БДДТ) [2]. Показано, что форма изотерм адсорбции зависит от типа химической связи в адсорбенте, его кристаллической структуры и агрегатного состояния. Экспериментально доказано что обработка водой порошка сплава Al-5%Pb уже при комнатной температуре приводит к образованию новых фаз и влияет на его морфологию. Показано, что большую роль в свойствах порошков обработанных водой играют нанопоры, сформированные между кристаллитами на поверхности частиц в процессе окисления водой и последующей термической дегидратации.

Исследование структурных особенностей порошков до и после окисления водой показало, что в результате ГО происходит изменение структуры: увеличение удельной поверхности, появление пористости, образование новых фаз, в частности бемита. Для образца прошедшего ГО характерно узкое распределение пор по размерам и большая удельная поверхность. Удельная поверхность образца до окисления водой составляет 10 м²/г, после окисления водой с последующей дегазацией образца при 2000С удельная поверхность возросла до 133 м²/г.

Литература



1. Шевченко В.Г., Малашин С.И. и др. //Перспективные материалы, 2010, №1, С. 68-75.

2. Грег С., Синг К. Адсорбция. Удельная поверхность. Пористость.- пер. с англ. 2-е изд.-М: Мир, 1984–306с.

Шевченко В.Г. д.х.н., Тел.: (343) 3743971

E-mail: shevchenko@ihim.ru



Наноструктурированные покрытия

СТРУКТУРА И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ НАНОКОМПОЗИТНОГО ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ CR-CU, СФОРМИРОВАННОГО НА МЕДИ КОМБИНИРОВАННЫМ МЕТОДОМ

Д.А. Романов¹, В.Е. Громов¹, Ю.Ф. Иванов^{2,3}, Е.А. Будовских¹, А.Д. Тересов^{2,3}

1) *Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, romanov_da@physics.sibsiu.ru*

2, 3) *Институт сильноточной электроники СО РАН, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, yufi55@mail.ru*

Облучение электровзрывных покрытий высокоинтенсивным импульсным электронным пучком в режиме плавления поверхностного слоя приводит, под действием сил поверхностного натяжения, к выглаживанию поверхности облучения. При облучении покрытия на основе Cr-Cu формируется поверхностный слой с островковой структурой; в объеме островков выявляется субмикроструктурная структура. Выделяют поверхностный слой, характеризующийся минимальным количеством микропор; переходный слой, содержащий большое количество микропор и пустот, и слой покрытия, примыкающий к подложке, вновь с малым количеством микропор. Одновременно с этим, слоистая структура выявляется и в подложке. А именно, в объеме медного образца,



примыкающем к покрытию формируется субмикроструктурная структура.

Выполненные исследования показывают, что выявленные слои отличаются не только структурой, но и элементарным составом. Элементы напыляемого покрытия по толщине модифицированного слоя распределены неоднородно. Основным легирующим элементом поверхностного слоя является медь; ниже лежащие слои обогащены атомами хрома. Концентрация хрома в данных слоях уменьшается по мере удаления от поверхности легирования. Наряду с атомами металлов в покрытии присутствуют атомы углерода и, в небольшом количестве, атомы кислорода. Это указывает на принципиальную возможность образования в покрытии карбидов хрома.

Фазовый состав поверхностного слоя покрытия изучали методами рентгеноструктурного анализа. Основными фазами исследуемого материала являются медь и хром; в небольшом количестве выявляется карбид хром состава Cr₇C₃.

Фазовый состав и дефектную субструктуру покрытия на основе Cu-Cr анализировали методами просвечивающей электронной дифракционной микроскопии тонких фольг. Анализ подвергался слой покрытия, расположенный на глубине (10-15) мкм. Покрытие имеет фрагментированную субструктуру. Размеры фрагментов изменяются в пределах (250-400) нм. В объеме фрагментов выявляется дислокационная субструктура в виде хаотически распределенных дислокаций.

Микродифракционный анализ фрагментированной структуры позволяет заключить, что основой (матричной фазой)



анализируемого слоя покрытия является твердый раствор на основе меди. Преимущественно на границах фрагментов располагаются частицы второй фазы. Анализ микроэлектроннограмм, полученных с участка фольги, содержащего частицы, свидетельствует о том, что данные частицы являются хромом. Известно, что в системе Cu - Cr наблюдается образование двух практически не растворимых друг в друге фаз – медь и хром, что и подтверждает анализ электронограмм и рентгенограмм.

Твердость поверхностного слоя покрытия, определенная методами нанотвердометрии при нагрузке на индентор (50-300) мН, составляет $\approx 3,5$ ГПа. Отметим, что твердость сплава Cu-Cr $\approx 0,6$ ГПа. После проведения отжига на дисперсионное твердение твердость может увеличиться до 1,4 ГПа. Микротвердость образцов бронзы в состоянии поставки $\approx 1,2$ ГПа. Следовательно, твердость покрытия, сформированного на меди комбинированным методом, превышает твердость сплава Cu-Cr, подвергнутого дополнительной упрочняющей термической обработке, в $\approx 2,5$ раза.

Одновременно с твердостью была определена величина модуля Юнга. Установлено, что модуль Юнга покрытия равен ≈ 125 ГПа. Модуль Юнга меди ≈ 110 ГПа, бронзы ≈ 100 ГПа. Следовательно, модуль Юнга покрытия превышает модуль Юнга меди и бронзы в (1,15-1,25) раза.

Таким образом, выполненные исследования показывают, что предлагаемый комбинированный метод, сочетающий электровзрывное напыление и последующее облучение высокоинтенсивным импульсным электронным пучком, позволяет



формировать на меди высокотвердые покрытия на основе системы Cu-Cr.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-32-60032 мол_а_дк и при финансовой поддержке Гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-4166.2015.2.

Романов Денис Анатольевич, Тел.+7 (952) 171-59-99,

E-mail: romanov_da@physics.sibsiu.ru

ИЗНОСОСТОЙКИЕ НАНОПОКРЫТИЯ С МАЛЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ТРЕНИЯ

С.Н. Шарифуллин, Н.Ф. Кашапов, К.Г. Садиков

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань,

Saidchist@mail.ru

В процессе эксплуатации любое техническое изделие, имеющее узлы трения, по мере изнашивания деталей теряет свою работоспособность и в результате не может выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации. На сегодня во всем мире исчерпаны технологические возможности изготовления различных машин и механизмов без заметного износа сопрягаемых поверхностей узлов трения. Смазочные материалы, применяемые для уменьшения трения, также исчерпали пределы своего совершенства. Кроме того,



они не устраняют изнашивания сопряжений. Стали применять для модифицирования трибосреды, так называемые, присадки. Назначение присадок – улучшение качества смазочных материалов и, в первую очередь, улучшение их противоизносных и антизадирных свойств. Их основу составляют высокомолекулярные полимеры, детергирующие и диспергирующие компоненты, ингибиторы окисления, коррозии и ржавления, противопенные силиконы или полилоксаны. Однако присадки позволяют лишь модифицировать трибосреду с улучшением рабочих свойств смазки. При смене смазочного материала присадки требуют повторного применения.

Практически исключить износ невозможно. Поэтому поиск необычных способов для продления ресурса работы технических устройств путем воздействия на поверхности трения является актуальной задачей. В настоящее время один из таких способов известен. Он основан на эксплуатации машин и механизмов с присутствием в их узлах трения различных трибопрепаратов. Этот способ позволяет при определенных условиях фактически производить, так называемую, безыносную эксплуатацию техники.

Образование слоев с высокой износостойкостью и малым коэффициентом трения на поверхностях сопряжений узлов трения машин и механизмов в процессе их эксплуатации в присутствии трибопрепаратов является установленным фактом. Доступность технологии получения таких покрытий, ее простота, дешевизна и экономическая выгода позволили повсеместному освоению этой технологии различного рода практиками-экспериментаторами. Но по ней практически, как в нашей стране, так и за рубежом, до



сегодняшнего дня не изучен механизм образования износостойких покрытий на поверхностях узлов трения машин и агрегатов в присутствии трибопрепаратов, не проведены глубокие исследования по исследованию происходящих при этом процессов. Есть только констатация фактов, что в узле трения трущихся деталей возникают электрические разряды, названные «Трибоплазмой», то, что при введении в зазоры трущихся деталей трибопрепаратов на поверхностях сопряжений образуются нанопокртия с высокой износостойкостью и малым коэффициентом трения и то, что качество этих слоев зависит от условий трибосреды и вида трибопрепарата. Делается вывод, что эти факты говорят о том, что при наличии в зазорах трущихся деталей трибопрепаратов в узле трения происходят всевозможные электрофизические и электрохимические процессы, а присутствие при этом плазменной среды доказывает и наличие различных плазмохимических процессов.

Как таковое, по исследованию самой трибоплазмы, возникающей в пятне контакта узлов трения машин и механизмов, а вернее, в части доказательства ее существования, имеются данные. В исследованиях отечественных ученых рассматриваются и некоторые теоретические аспекты. Наличие данных по исследованию трибоплазмы в присутствии в узлах трения трибопрепаратов в материалах отечественных и зарубежных ученых не имеется.

То, что на сегодня, как в нашей стране, так и за рубежом, отсутствуют конкретные исследования плазмохимических процессов в узлах трения машин и механизмов в присутствии в них



трибопрепаратов объясняется сложностью самих этих процессов и кратковременностью существования трибоплазмы в пятнах контакта сопрягаемых поверхностей узла трения 10^{-8} – 10^{-7} с. Тем не менее, есть востребованность в износостойких покрытиях с малым коэффициентом трения. В особенности, когда в период перехода к новому этапу формирования инновационного общества требуются создание новой современной конкурентоспособной техники и разработка новых прорывных технологий. Поэтому назрела насущная необходимость в исследованиях плазмохимических процессов в узлах трения машин и механизмов в присутствии в них трибопрепаратов.

Саид Насибуллович Шарифуллин, д.т.н., старший научный сотрудник, Тел. +79600548595
E-mail: Saidchist@mail.ru



Технологии и явления наноразмерных объектов

ОСОБЕННОСТИ НАНОСТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ

А.А. Арсентьев

Стройэнергокомплекс, г. Москва, arsentyeva_i@mail.ru

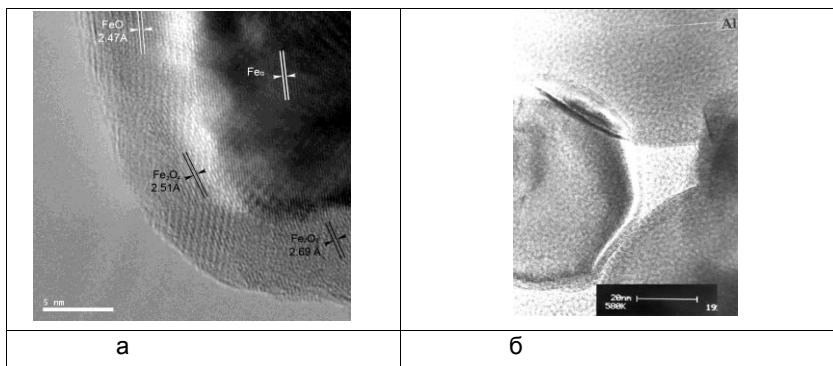
Наночастицы (НЧ) металлов получают в основном методами испарения-конденсации (Al) и химико-технологическими (Fe, Cu). В результате, соответственно, формируются объемные и плоские НЧ, с огранкой или без нее. Обязательной операцией получения НЧ является их пассивация. В результате металлическое ядро частицы покрывается оксидной MeO пленкой, морфология которой формирует нанорельеф НЧ. Как показали ВРЭМ исследования, толщина пассивирующей оксидной пленки вне зависимости размеров и методов получения НЧ составляет порядка 5 нм (рис.1а(Fe), б (Cu)). При этом MeO могут находиться на поверхности металлических НЧ, как в кристаллическом состоянии, полученные химико-металлургическим методом (рис.1а,(Fe)), так и в аморфном - методом испарения- конденсации (рис.1б(Al)). На рис.1а,б. видно, что НЧ как Al, так и Fe имеют гладкую поверхность. Таким образом, основными наноструктурными составляющими НЧ различных металлов можно считать металлическое ядро и поверхностную оксидную пленку (MeO). Однако, нанорельеф можно изменять различными воздействиями на НЧ металлов. Так, дополнительное окисление НЧ Fe в процессе получения

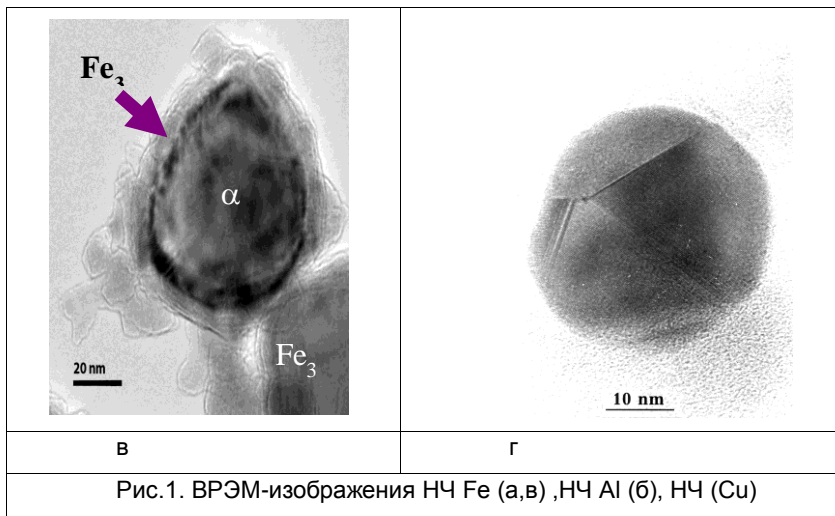


способствовало образованию на их поверхности множества нанолепестков фазы Fe_3O_4 и увеличение толщины оксидной пленки до 10 нм (рис. 1в). Многочисленными ВРЭМ исследованиями также было установлено множественное двойникование в НЧ металлов с ГЦК-структурой. Таким образом, еще одной характерной наноструктурной составляющей ультрадисперсных (нано-) порошков металлов являются двойники роста. (рис1 г (Cu)).

Выводы:

Характерными особенностями строения наноструктурированных НП металлов, как показали, высокоразрешающая электронная микроскопия (ВРЭМ), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), растровая электронная микроскопия (РЭМ), атомно-силовая электронная микроскопия (АСМ) и сканирующая туннельная микроскопия (СТМ) исследования являются: металлическое ядро НЧ, пассивирующий оксидный слой на их поверхности и двойники роста.





Литература:

1. И.П. Арсентьева,, И. О. Лейпунский, А. Н. Жигач, А. А. Арсентьев, М.Л.Кусков, Е. С. Зотова, О. М. Жигалина, В. В. Артемов, Э.Л. Дзидзигури. Комплекс методик для установления основных аттестационных характеристик металлов // Известия РАН, Серия физическая №11, 2011 г. стр. 1566-1573

Арсентьев Андрей Александрович, Тел.: (968) 979-77-07
E-mail: arsentyeva_i@mail.ru



ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СИНТЕЗ НАНОЧАСТИЦ И НАНОСТЕРЖНЕЙ СЕРЕБРА

И.Б. Бегунов, М.Ю. Королева, Е.В. Юртов

*Российский химико-технологический университет им. Д. И.
Менделеева, г. Москва, ibbegunov@ya.ru*

Синтез наностержней серебра зависит от размера и морфологии зародышей нуклеации, которые используются для инициации роста наностержней. Размер наночастиц серебра, используемых в качестве зародышей нуклеации, можно контролировать, варьируя концентрацию восстановителя и стабилизатора в реакционной среде, изменяя температуру синтеза. В данной работе было проведено исследование влияния температуры синтеза на размер наночастиц серебра и возможность их использованию для последующего роста наностержней серебра.

Синтез наностержней серебра в водной среде происходит в две стадии: первая – синтез сферических наночастиц, используемых в качестве зародышей нуклеации, вторая – контролируемый рост наностержней на зародышах нуклеации.

Синтез зародышей основан на восстановлении AgNO_3 сильным восстановителем NaBH_4 . Для стабилизации зародышей от агрегации использовали цитрат натрия. Синтез наностержней проводился одностадийным способом, основанном на восстановлении AgNO_3 слабым восстановителем аскорбиновой кислотой в присутствии зародышей нуклеации.

Синтез зародышей нуклеации проводился в растворе, содержащем 0,24 мМ AgNO_3 , 0,485 мМ цитрата натрия и 0,29 мМ



NaBH₄; синтез наностержней проводился в растворе, содержащем 0,09 М СТАВ, 0,24 мМ AgNO₃, 4,7 мМ аскорбиновой кислоты и 7,3 мМ NaOH.

На рис. 1 представлена зависимость размера зародышей от температуры синтеза. В таблице 1 приведена длина наностержней, полученных при использовании зародышей, синтезированных при различной температуре.

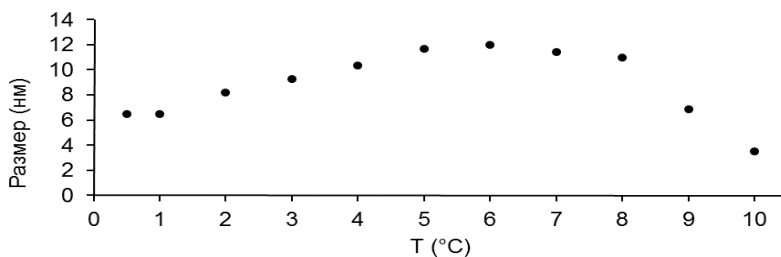


Рис. 1. Зависимость размера зародышей от температуры синтеза

Таблица 1

Длина наностержней, синтезированных на зародышах нуклеации, полученных при различной температуре

T, °C	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Размер, нм (±10 нм)	106	106	91	97	97	100	94	98	91	80	-



При увеличении температуры синтеза от 0°C до 5°C размер зародышей увеличивался, достигнув ~11-12 нм, далее размер не изменялся до 8°C. При температуре 9°C и 10°C зародыши быстро агрегировали. При использовании зародышей, полученных при температуре от 0°C до 5°C, размер наностержней был практически постоянным и составлял (90-106) ±10 нм. При использовании зародышей, полученных при температуре 9°C, наностержни образовывались на небольшом количестве неагрегированных ядер, а при 10°C наностержни не образовывались. Распределение зародышей и наностержней по размерам с увеличением температуры синтеза расширилось.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания №2015/171.

Бегунов Игорь Борисович, Тел.: 8(967)1377699
E-mail: ibbegunov@ya.ru

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АТТОСЕКУНДНЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ НЭМС МАТЕРИАЛОВ

С.А. Безносок¹, М.С. Жуковский², О.А. Маслова³, Ю.В. Терентьева⁴,
Д.Ю. Максимов⁵

1) *Алтайский государственный университет, Барнаул,
bsa1953@mail.ru*

2) *Алтайский государственный технический университет,
zhukovsky@list.ru*



3) Алтайский государственный университет, Барнаул,
maslova_o.a@mail.ru

4) Алтайский государственный университет, Барнаул,
zyv1985@mail.ru

5) Алтайский государственный университет, Барнаул,
maximov757@mail.ru

Одной из самых важных приоритетных научных проблем в настоящее время является проведение фундаментальных исследований в области основ физики аттосекундных процессов [1, 2], и новейших аттосекундных нанотехнологий [3, 4]., использующих в точечных операциях с материалами аттосекундные импульсы электромагнитной энергии в диапазоне жесткого ультрафиолета и мягкого рентгена. Без решения этой проблемы невозможно выполнение высокоточных неразрушающих монтажных операций в материалах на нижнем предельном масштабном уровне 1 - 10 нм. При этом реализация аттосекундных физических процессов ведётся не на типичном для фемтосекундной химии уровне валентных связей атомов, а на более глубоком уровне перестройки внутренней электронной структуры атомов и молекул.

В статье приведены рассчитанные данные аттосекундной физики различных по топологии и геометрии квантовых НЭМС на нижнем масштабном уровне 1 - 10 нм в широком диапазоне температур от 1 до 1000 К для указанных ниже случаев.

1. НЭМС чипов накопителей энергии и конверторов в соединениях на основе простых и переходных металлов 4 и 5 периодов, полупроводниковых соединений A3B5, A2B6 и их



соединений переменного состава с удельной запасенной энергией до 10 кДж/см³, что на два-три порядка выше, чем в современных молекулярных аналогах с двойным электрическим слоем и имеющих рекордные технические характеристики удельной мощности в электромеханическом аттосекундном импульсе до 10 мВт на атом и силы до 10 нН на атом, которые на два-три порядка выше, чем в случае современных наномолекулярных машин.

2. НЭМС чипов наводороженного графена с 10 мас.% ёмкостью при легкой обратимости по водороду, превосходящих по ёмкости водородные аккумуляторы на основе наномолекулярного графена.

3. НЭМС чипов адаптивных полупроводниковых соединений АЗВ₅, А2В₆ и их соединений переменного состава, допированных спин-поляризованными атомами переходных металлов (Mn) для электронных и спинтронных материалов нового поколения.

Дан анализ использования аттосекундных НЭМС технологий при проведении операций с элементами электронных чипов, конвертеров и накопителей энергии, графеновых наноллистов аккумулялирования водорода, транспортных наноботов и конвертеров наноструктур, консолидированных с матрицей конденсированного состояния материала.

Corkum P.B. and Krausz F. Attosecond science. // Nature Physics 2007; 3: 381 – 387.

Krausz F. and Ivanov M. Attosecond physics. // Rev. Mod. Phys. 2009; 81: 163–234.



Gallmann L, Cirelli C., and Keller U. Attosecond Science: Recent Highlights and Future Trends. // Annual Review of Physical Chemistry 2012; 63: 447-469.

Ranitovic P., Hogle C.W., Rivière P., Palacios A., Tong X.M., Toshima N., et al. Attosecond VUV coherent control of molecular dynamics // Proceedings of the National Academy of Sciences 2014; 111: 912-917.

Beznosyuk S.A., Zhukovskii M.S., Potekaev A.I. The theory of motion of quantum electromechanical plasmoid nanobots in a condensed-state medium. // Russ. Phys. J. 2013; 56: 546-556.

Beznosyuk S.A., Zhukovsky M.S., Zhukovsky T.M. Theory and computer simulation of quantum NEMS energy storage in materials. // Int. J. Nanosci. 2015; 14 (1&2): 1460023 DOI: 10.1142/S0219581X14600230.

Beznosyuk S.A., Zhukovsky M.S., Maslova O.A. Attosecond nanotechnology: NEMS of energy storage and nanostructural transformations in materials. // AIP Conf. Proc., 2015; 1683: 020024-1 - 020024-5; <http://dx.doi.org/10.1063/1.4932714>

Безносюк Сергей Александрович, д.ф.-м.н., профессор, Тел.: (3852) 36-86-36
E-mail: bsa1953@mail.ru

РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В КЕРАМИЧЕСКОМ СВЕРХПРОВОДНИКЕ

М.В. Белодедов¹, Л.П. Ичкитидзе²

1). *Национальный исследовательский университет «МГТУ им.Баумана», г. Москва*



2). Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
Зеленоград, г.Москва

Материальное уравнение для расчёта и моделирования изделий из высокотемпературной сверхпроводящей (ВТСП) керамики получено путём усреднения микроскопических параметров множественной джозефсоновской среды [1]. Усреднение уравнения Гинзбурга-Ландау по малому объёму, содержащему большое количество гранул, приводит к уравнению, связывающему вектор усреднённой плотности тока \vec{j} в среде с вектор-потенциалом магнитного поля \vec{A} :

$$\vec{j} = -\frac{\vec{A}}{A} I_c \rho \bar{a} \frac{\pi}{8} \left(\frac{2\pi}{\Phi_0} A \bar{a} \right) \exp \left[-\frac{\pi}{16} \left(\frac{2\pi}{\Phi_0} A \bar{a} \right)^2 \right] - \frac{\rho}{Rc} \frac{\bar{a}^2}{8} \frac{d\vec{A}}{dt} - \frac{C\rho}{c} \frac{\bar{a}^2}{8} \frac{d^2\vec{A}}{dt^2}, \quad (1)$$

где $\Phi_0 = 2 \cdot 10^{-7}$ Гс·см² – квант магнитного потока, $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с – скорость света, ρ – концентрация джозефсоновских переходов в среде, I_c , R и C – средние значения критического тока, активного сопротивления и ёмкости одиночного джозефсоновского перехода, \bar{a} – средний размер гранул, образующих переход.

Уравнение выведено в предположении максвелловского закона распределения размера отдельных гранул. Однако, как показывают аналитические исследования [1], средние параметры



среды остаются неизменными в случаях распределения размеров гранул по другим законам.

Из (1) получено, что в массивный образец ВТСП-керамики магнитное поле проникает на глубину

$$\lambda_M = \sqrt{\frac{\Phi_0}{2\pi} \frac{2c}{\mu I_c \rho \pi^2 \bar{a}^2}},$$

где величина μ имеет смысл магнитной проницаемости среды, обусловленной только мейсснеровскими токами отдельных гранул.

На основе (1) произведено моделирование распределения тока в цилиндрическом и полосковом ВТСП-керамике в отсутствие внешнего магнитного поля. Показано, что ток сосредоточен в узком приповерхностном (прикраевом) слое образца на глубине порядка нескольких λ_M , что приводит к тому, что критический ток проводника I_{cs} зависит от диаметра D (цилиндрический проводник) почти линейно, и практически не зависит от ширины w (полосковый проводник) (рисунок 1). Следовательно, в образцах различной формы для средней плотности критического тока J_c

будет существовать "размерный эффект", т.е. $J_c \sim D^{-1}$

(цилиндрический проводник при $w \geq 10 \lambda_M$); $J_c \sim w^{-1}$

(полосковый проводник при $w \geq 10 \lambda_M$) и $J_c \sim const$

(полосковый проводник при $w \leq 5 \lambda_M$). В последнем случае



указанный размерный эффект подобен поведению плотности критического тока распаривания Гинзбурга-Ландау в «узкой» пленке классического сверхпроводника [2].

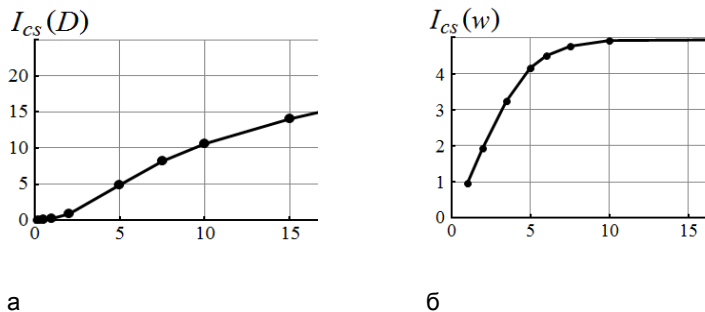


Рис.1. Зависимости критического тока I_{cs} проводника от его размера :

а – цилиндрический проводник; б – полосковый проводник;

параметры D и w даны в единицах λ_M , а I_{cs} – в единицах $I_c \rho \bar{\alpha} \pi / 8$

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что силовые токонесущие элементы электронных устройств на основе ВТСП-керамики следует выполнять в виде «литцендрата», то есть изолированных (для сверхпроводящего тока) друг от друга проводников с диаметром/шириной не более нескольких λ_M .



Белодедов М.В., Ичкидидзе Л.П. Инженерный журнал: Наука и инновации. Разд. Математическое моделирование, 10, 22 (2013).

Шмидт В.В. «Введение в физику сверхпроводников». 2-е издание, испр. и доп. - М.: МЦНМО. – 402 с. (2000)

Ичкидидзе Леван Павлович, с.н.с., к.ф.-м.н., Тел.: (499) 720-87-63
E-mail: leo852@inbox.ru

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЭМУЛЬСИЙ "МАСЛО-В-ВОДЕ" СМЕСЬЮ ОТРИЦАТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ И КАТИОННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

Д.А. Быданов, М.Ю. Королева, Е.В. Юртов

*Российский химико-технологический университет им. Д.И.
Менделеева, г. Москва, bidanov.dmitry@yandex.ru*

В настоящее время опубликовано большое количество работ посвященных стабилизации прямых эмульсий поверхностно-активными веществами (ПАВ), однако для стабилизации данных систем могут быть использованы и твердые частицы. Принципиальное отличие твердых эмульгаторов от ПАВ заключается в следующем. Тип и устойчивость эмульсий, стабилизированных поверхностно-активными веществами, зависят от гидрофильно-липофильного баланса молекул ПАВ. В случае твердых эмульгаторов определяющим параметром становится краевой угол смачивания стабилизирующих частиц на границе раздела масло-вода. Степень гидрофильности (гидрофобности)



твердых эмульгаторов можно контролировать введением ПАВ или путем химической модификации поверхности.

В данной работе было исследовано влияние введения катионного ПАВ (цетилтриметиламмоний бромида) различной концентрации на устойчивость прямых эмульсий, стабилизированных отрицательно заряженными наночастицами SiO₂.

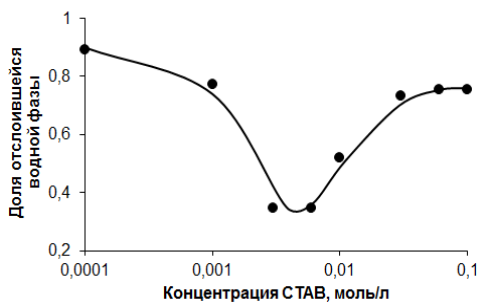
Для получения эмульсий были использованы следующие реактивы: углеводородное масло (Bristol 20, USP), Ludox HS (30 мас.% суспензия в воде, Aldrich), цетилтриметиламмоний бромид (≥98%, Sigma), бидистиллированная вода.

Концентрация углеводородного масла во всех эмульсиях составляла 50 об.%. В качестве непрерывной фазы использовалась бидистиллированная вода. Для стабилизации эмульсий применялись как наночастицы SiO₂ (Ludox HS), так и цетилтриметиламмоний бромид (СТАВ). Концентрация СТАВ варьировалась от 10⁻⁴ до 10⁻¹ моль/л, а SiO₂ (Ludox HS) составляла 2 мас.%. pH водной фазы был равен 9,5 и регулировался путем введения растворов NaOH или HCl.

Стабилизированные диоксидом кремния эмульсии "масло-в-воде" получали следующим образом. К суспензии наночастиц SiO₂ Ludox HS добавляли водный раствор СТАВ. pH полученной смеси доводили до 9,5 и перемешивали её в течение 15 мин на магнитной мешалке при температуре 30 °С, поскольку температура кристаллизации СТАВ составляет 26 °С. Далее добавляли углеводородное масло, и диспергировали смесь при 11000 об/мин в течение 2 мин.



Исследование устойчивости полученных эмульсий проводилось при 30 °С. Выделение водной фазы во всех образцах прекращалось через 160 минут после их получения. Зависимость доли отслоившейся водной фазы от исходной доли водной фазы в эмульсиях с различной концентрацией СТАВ приведена на рис. 1.



Концентрация СТАВ, моль/л	Доля дисперсной фазы после концентрирования эмульсий
0,0001	0,9
0,001	0,8
0,003	0,6
0,006	0,6
0,01	0,7
0,03	0,8
0,06	0,8
0,1	0,8

Рис. 1. Зависимость доли отслоившейся водной фазы от исходной доли при различных концентрациях СТАВ в эмульсии

Из приведенной на рис. 1 зависимости видно, что наиболее устойчивыми являлись образцы с концентрацией СТАВ от



0,003 до 0,01 моль/л. Доля дисперсной фазы, в данных эмульсиях спустя 160 мин увеличивалась до 0,6 – 0,7. В образцах с концентрацией СТАВ 0,001 и 0,03 моль/л, доля дисперсной фазы увеличивалась до 0,8.

Наблюдаемое увеличение устойчивости эмульсий при концентрациях СТАВ от 0,003 до 0,01 моль/л, вероятно, связано с образованием сетчатых агрегатов наночастиц SiO₂ в объеме дисперсионной среды, т.е. со структурированием водной фазы эмульсий.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания № 2015/171 и проекта № 16.962.2014.

Быданов Дмитрий Александрович, Тел. +7 (903) 783-46-88
E-mail: bidanov.dmitry@yandex.ru

РОЛЬ СВЧ-ОБРАБОТКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОЙ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ КЕРАМИКИ

И.А. Женжурист

*Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Казань, ir.jenjur@yandex.ru*

Активизация сырьевых компонентов керамических масс с целью изменения их технологических характеристик и повышения эксплуатационных показателей керамического материала, может быть наиболее эффективна в наноразмерном диапазоне дисперсности частиц. Для этого использование нанодисперсного



модификатора и концентрированных потоков энергии электромагнитного сверхвысокочастотного поля СВЧ - наиболее перспективная технология.

С этих позиций рассмотрены результаты обработки полем СВЧ природных силикатов (глин, диатомита и кварцевого песка), модифицированных наноразмерными гидрозолями оксида алюминия (кристаллит типа бемита размером 3,5-4 нм), стабилизированных различными кислотами. Показано отличие структуры тонкой фракции водного золя алюмосиликата в зависимости от типа стабилизатора. Лучшие показатели получены для гидрозоля с азотной кислотой (А3-1). Рассмотрено влияние поля СВЧ на структуру и технологические характеристики водных суспензий алюмосиликатов, физико-механические показатели керамических материалов, полученных на их основе. Обработка силиката электромагнитным полем (мощность 800 Вт, частота 2450 МГц) перед увлажнением водным раствором гидрозоля оксида алюминия (А3-1) приводит к изменению структуры алюмосиликатного золя (рис. 1).

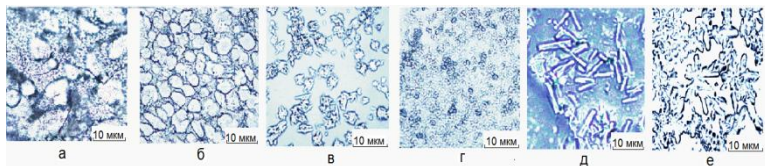


Рис. 1. Микроструктура зольей 10% водных суспензий: а - кварцевого песка с добавкой 0,1% А3-1; б - кварцевого песка, (3 мин СВЧ) с добавкой 0,1% А3-1; в - диатомита с добавкой 0,1% А3-1; г - диатомита (3 мин СВЧ) с добавкой 0,1% А3-1; д - бентонитовой глины с добавкой 0,1% А3-1; е - бентонитовой глины (3 мин СВЧ) с добавкой 0,1% А3-1 х 1000. Свет отраженный.

Методами дифференциально-термического, ИК-спектроскопии и рентгеноструктурного анализа при обработке масс



полем СВЧ обнаружены деформационные явления в химических связях (Si–O–Si, Al–O–Si), фазовые превращения – зафиксированы экзотермические эффекты при температурах 800–900°С, связанные с фазовыми превращениями и появлением силлиманита. Отмечено увеличение объёма и снижение дисперсности фазы (размера кристаллита) силлиманита с 200 нм (необработанный СВЧ состав) до 29,6 нм (состав обработан 3 мин СВЧ) [1].

Технология была проверена на местных монтмориллонит-гидрослюдистых суглинках с композиционной полифункциональной добавкой на основе гидропроизводных оксида алюминия (алюмозоль, алюмооксидный гальванический шлам ГЛШ) и компонента, содержащего высокодисперсный карбонат кальция (мел, КЕК-отход содового производства).

Отмечена идентичная с массами на бентонитовой глине закономерность изменения свойств, а обработка сырьевой композиции полем СВЧ повышает эффективность добавки и является перспективным способом активации массы (рис.2).

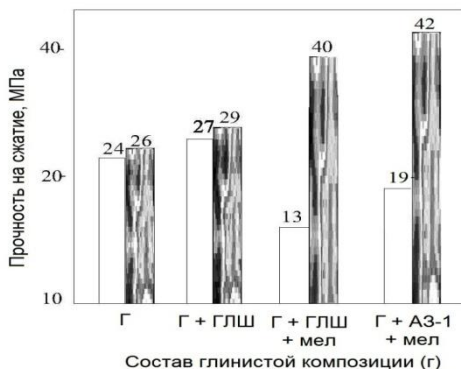


Рис. 2. Прочность на сжатие обожженных при 1000°С образцов из масс на Калининском суглинке (Г) с 20% композиционной добавкой при соотношении ГЛШ/мел=1, АЗ-1/мел=1: □ без обработки СВЧ, ■ с обработкой СВЧ

1. Zhenzhurist J.A. Microwave processing of silicates by a microwave field with aluminum oxide based modifiers // Glass and Ceramics, Vol. 72, Nos 7-8, November, 2015, P.262 – 265. - DOI 10.1007/s10717-015-9769-4.

Женжурист Ирина Александровна, к.т.н., доцент. Тел: (843)510-47-33.
E-mail: ir.jenjur@jandex.ru



**СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ
МЕТОДОМ РАЗРЯДА ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ**

А.В. Иванов¹, В.Н. Никифоров², Н.А. Булычев³, М.А. Казарян³

1) ФГБУ "Российский онкологический научный центр им
Н.Н.Блохина" Минздрава России, г. Москва, *ivavi@yandex.ru*

2) Московский государственный университет им. М. В.
Ломоносова, физический факультет, г. Москва, *ppprvn@yandex.ru*

3) Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, г. Москва,
kazarmishik@mail.ru

Одним из перспективных путей получения наноразмерных материалов, в том числе порошков оксидов металлов является комбинированное воздействие на жидкую среду ультразвуковых колебаний высокой интенсивности и импульсных или стационарных электрических полей. Получаемый в кавитирующей жидкой среде акустоплазменный разряд является новым и мало изученным физическим явлением. Данный метод имеет ряд достоинств как метод получения наноматериалов: относительно узкое распределение по размерам частиц синтезируемого нанопорошка, специфический состав и свойства получаемых наноматериалов, высокую производительность.

Методом акустоплазменного разряда были получены наночастицы оксидов различных металлов: вольфрама, меди, железа, цинка – и показано, что наличие ультразвуковой кавитации при синтезе наночастиц существенно влияет на их размерные и физические характеристики. Размеры наночастиц определялись методом электронной микроскопии и лазерной корреляционной



спектроскопии, результаты которых оказались в хорошем соответствии. На примере оксида вольфрама установлено различие спектров фотolumинесценции наночастиц, полученных в отсутствие и в присутствии ультразвуковой кавитации. Проведенные медико-биологические исследования полученных наночастиц в экспериментах *in vitro* на различных клеточных линиях не выявили их цитотоксичности вплоть до концентраций 0,2 мг/мл и времени экспозиции 7 дней, что указывает на хорошие перспективы их биомедицинских применений в качестве средств диагностики и магнитной гипертермии.

Иванов Андрей Валентинович, д.ф.-м. н., Тел.: (499) 324-92-94
E-mail: ivavi@yandex.ru

СЛОИ НАНОМАТЕРИАЛА В КАЧЕСТВЕ ДАТЧИКА ДЕФОРМАЦИИ

Л.П. Ичкиддзе¹, Е.В. Благоев², А.Ю. Герасименко¹, А.А. Павлов², В.А. Петухов¹, Ю.П. Шаман³

- 1). *Национальный исследовательский университет МИЭТ, г. Москва*
- 2). *Институт нанотехнологий микроэлектроники РАН, (ИНМЭ), г. Москва*
- 3). *НПК «Технологический центр» МИЭТ, Зеленоград, г. Москва*

Уникальные свойства углеродных нанотрубок (УНТ) позволили создать на их основе новый класс датчиков деформации.



Например, в датчике на основе УНТ уже достигнута тензочувствительность $S \sim 43$ [1], что значительно выше, чем S в традиционном датчике из слоя платины ($S \sim 6$), и уступает датчику из полупроводниковых материалов ($S \sim 150$). Однако последний класс датчиков обладает очень высоким температурным коэффициентом сопротивления, что считается его недостатком.

В работе приведены предварительные результаты исследования прототипа датчика деформации на основе слоя из наноматериала, содержащего УНТ. Измерялось сопротивление в зависимости от угла изгиба и от количества циклов изгиба слоев, содержащих композиции: матрица – КМЦ (карбоксиметилцеллюлоза, биосовместимый материал); наполнитель – многостенные УНТ (МУНТ). Слои наносились на различные гибкие подложки: полиимид, полиэстер, полиэтилен, хлопчатобумажная ткань и офисная бумага.

В экспериментах использовалась матрица ~ 4 мас.% КМЦ, удельная электропроводность водного раствора которой составляла $\sigma \sim 0,1$ См/м при температуре $t = 25^\circ\text{C}$ в электрическом поле напряженностью ~ 100 В/м. Раствор тщательно перемешивался механически в магнитной мешалке и ультразвуковой (УЗ) ванне в течение ~ 1 ч и $\sim 0,5$ ч, соответственно. В готовую матрицу добавлялся наполнитель ~ 2 мас.% МУНТ, после чего водная дисперсия, состоящая из КМЦ и МУНТ, подвергалась повторной процедуре перемешивания в магнитной мешалке и ультразвуковой ванне в течение $\sim 1,5$ ч и $\sim 1,5$ ч, соответственно.

Дисперсия наносилась на все типы подложек при одних и тех же условиях – методом шелкографии в форме квадрата с



размерами 30×30 мм². Образующиеся слои высушивались при $t \sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение ~ 60 ч. На полученных образцах проводились измерения, которые повторялись после их отжига на воздухе при температуре 100-130 $^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин. После отжига образцы теряли влагу и общую массу приблизительно в 4-5 раз относительно начальных значений. Значения толщин слоев фиксировались в интервале $d \sim 0,3\text{-}10$ мкм. Проводимость образцов измерялась как двухзондовым, так и четырехзондовым методами. В первом случае определялась проводимость σ_{sq} приведенная на квадрат поверхности, а во втором случае – объемная удельная проводимость σ . По порядку величины они имели следующие значения: $\sigma_{sq} \sim 0,1\div 1$ См, $\sigma \sim 1\div 10$ кСм/м.

Исследования деформации проводились на автоматической установке, позволяющей контролировать угол θ изгиба образца, его сопротивление, температуру и количество циклов измерений. Угол изгиба менялся в интервале $\pm 90^{\circ}$ с шагом 2° . При $\theta = 0$ образец в виде полоски размером 5×10 мм² находился в исходном положении, когда отсутствовала его деформация.

Зависимость сопротивления R от угла θ для всех слоев была следующей: когда образец изгибался таким образом, что слои на подложке приближались друг к другу, сопротивление уменьшалось, а в другом случае, когда слои расходились друг от друга, значение R увеличивалось. В интервале углов $\pm 30^{\circ}$ кривые $R(\theta)$ приблизительно имели линейные зависимости (с погрешностью $\leq 10\%$), а за пределами указанного интервала эти зависимости становились нелинейными. Для слоев $d \sim 5\div 10$ мкм обнаруживались существенные гистерезисы на зависимости $R(\theta)$, а для тонких слоев



$d \leq 1$ мкм гистерезисы по величине R были гораздо меньше ≤ 15 %. С учетом минимального радиуса изгиба ~ 5 мм и $d \leq 1$ мкм получили оценочное значение $S \sim 150-300$, что имеет такой же порядок или превосходит известные показатели.

Таким образом, исследованные слои наноматериала на основе КМЦ И МУНТ перспективны в медицинских приложениях, они могут служить в качестве датчиков деформации, а также датчиков давления.

Авторы выражают благодарность профессору В.М.Подгаецкому за полезные советы. Исследование выполнено за счёт проекта Министерства образования и науки РФ (соглашение 14.575.21.0089, RFMEFI57514X0089) .

1. Takeo Y., Hayamizu Y., Yamamoto Y., and et al. Nature Nanotechnology, 2011, 6, pp. 296–301.

Ичкитидзе Леван Павлович, с.н.с., к.ф.-м.н., Тел.: (499) 720-87-63
E-mail: leo852@inbox.ru

СВЕРХПРОВОДЯЩИЙ ПЛЁНОЧНЫЙ КОНЦЕНТРАТОР МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Л.П. Ичкитидзе, Д.В. Телышев, Н.Ю. Шичкин

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
Зеленоград, г.Москва*

Оптимальное наноструктурирование активной полосы (АП) концентратора магнитного поля (КМП) на основе сверхпроводящей плёнки приводит к дополнительному повышению его коэффициента



концентрации (фактора умножения магнитного поля) F . Мы провели расчет F в планарном датчике магнитного поля (ДМП), когда АП находится как в наноструктурированном, так и в ненаноструктурированном состояниях. При этом в F учтены индуктивности приемных колец КМП.

Были рассчитаны коэффициенты концентрации для случаев, когда в АП отсутствуют прорезы F_0 и когда в АП существуют прорезы F . Варьировалось расположение прорезей на АП, величина ширины магниточувствительного элемента (МЧЭ) и значение лондоновской глубины проникновения λ . При этом МЧЭ помещался между двумя АП приемных колец КМП и все они располагались в одной плоскости, не пересекая друг друга (рисунок).

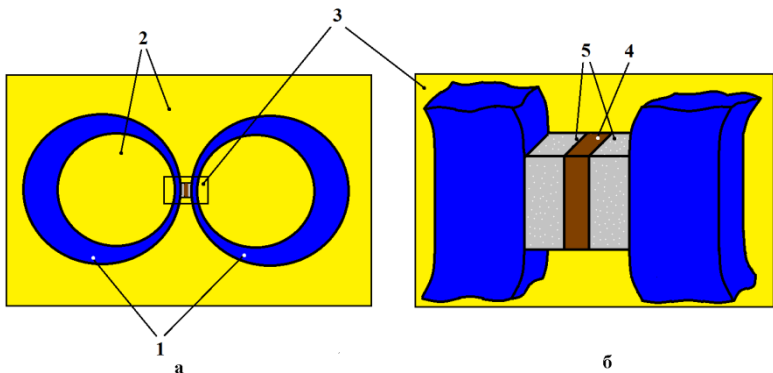


Рисунок – Эскиз ДМП с различными расположениями прорезей по ширине АП КМП: а – ДМП и КМП, 1 – сверхпроводящее



кольцо КМП, 2 – диэлектрическая подложка; б – АП и МЧЭ в увеличенном масштабе (пропорции не соблюдены), 3 – АП, 4 – МЧЭ, 5 – изолирующая пленка

Во всех расчетах допускалось, что ширина прорези W_p совпадает с шириной W_a между ближайшими краями АП и МЧЭ, а ширины АП и её ветвей кратны W_a .

Проводилось исследование зависимости величин F_0 и F от ширины W_0 МЧЭ. В таблице приведены результаты расчётов. Для расчетов были взяты следующие численные значения: $W_0=0,2, 1$ и 5 мкм; $\lambda = 50$ нм и 250 нм; $J_c = 1010$ А/м², $h = 10$ нм, $W_s = 30$ мкм, $r_L = 1$ мм – радиус кольца; $W_L = 0,8$ мм – толщина кольца; $W_a = W_p = 20$ нм – расстояние между КМП и МЧЭ и ширина прорезей, соответственно.

Таблица – Зависимость коэффициента концентрации от ширины МЧЭ

$W_0,$ мкм	F_0		F		F^*	
	$\lambda =$ 50 нм	$\lambda =$ 250 нм	$\lambda =$ 50 нм	$\lambda =$ 250 нм	$\lambda =$ 50 нм	$\lambda =$ 250 нм
5,0	278	206	2,53	2,70	702	556



1,0	891	576	2,19	2,29	1951	1320
0,2	2324	1255	2,07	2,14	4811	2685

Видно, что с уменьшением ширины МЧЭ растет F_0 и падает F , но общий коэффициент концентрации $F^* = F_0 \cdot F$ увеличивается. При этом КМП из пленок низкотемпературных сверхпроводящих материалов (например, гетерозепитаксиальные слои ниобия, $\lambda = 50$ нм, ~ 4811) является наиболее эффективным по сравнению с КМП из пленок высокотемпературных сверхпроводящих материалов (системы Y-123, и Bi-2223, $\lambda \geq 250$ нм, ~ 2685).

В современной медицине актуальны новые биосовместимые материалы (наноматериалы с ферромагнитными или супермагнитными частицами, углеродными нанотрубками и др.), а также неинвазивная диагностика и контроль работы активных имплантированных аппаратов (искусственное сердце, различные стимуляторы, измерение скорости кровотока, и т.д.). Востребованные задачи, будут решены с применением датчиков магнитного поля со сверхпроводящими пленочными концентраторами магнитного поля с наноструктурированными активными полосами, позволяющих фиксировать магнитные поля ≤ 1 пТл.

Авторы выражают благодарность профессору С.В. Селищеву за полезные советы. Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №14-39-00044).



Ичкитидзе Леван Павлович, с.н.с., к.ф.-м.н., Тел.: (499) 720-87-63
E-mail: leo852@inbox.ru

ЭЛЕКТРОДЫ НА ОСНОВЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКИ

Л.П. Ичкитидзе¹, Д. Клыпин², А.О. Голубева¹

1). *Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
Зеленоград, Москва*

2). *Омский государственный технический университет, ОмГТУ, г.
Омск*

Долгосрочная и надежная регистрация электрических биологических сигналов (биосигналы) на коже биологического объекта имеет решающее значение для получения информации, необходимой для диагностики заболевания или мониторинга здоровья. Электроды из серебра / хлорида серебра (Ag/AgCl) широко используются для регистрации биосигналов, но не подходят для долгосрочного мониторинга из-за ухудшения качества сигнала вследствие деполяризации электродов, аллергической реакции или высыхания геля, который служит для адгезии (прилипания) электрода к коже.

В настоящей работе рассматриваются гибкие электроды из наноматериала: матрица – акриловая краска, наполнитель – многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ).

В качестве основы для таких электродов использовалась хлопчатобумажная ткань (ХБТ). Дисперсия на основе акриловой краски (АК, ТУ2331-034-05751640-2006), растворителя АК (РАК, ТУ2331-034-05751640-2006) и МУНТ (фирма ВПО «РосНОУ»)



тщательно перемещалась с помощью магнитной мешалки в течение 24 ч и диспергировалась в УЗ диспергаторе (Qsonica модель Q700) в течение 30 мин. Суспензия имела состав: ~ 50 мас.% АК, 47 мас.% РАК и 3 мас.% МУНТ и вязкость до 5 Па·с. Методом шелкографии на подложки наносилась суспензия и после высыхания при нормальных условиях были реализованы три группы образцов: I – АК, II – АК/МУНТ, III – АК/РАК/МУНТ. Образцы представляли собой диски диаметром ~ 20 мм и толщиной 0,1-1,5 мм.

Для всех групп образцов производился контроль потери массы слоев после их многократного высыхания. Образцы погружались и оставались в воде в течение 72 ч несколько раз (суммарное время ~ 250 ч). Потери массы образцов после 3-го погружения составляли: I – 2 %, II и III -1,6 %. Отсюда следует, что АК предназначенная для окрашивания ХБТ, снизила потерю массы краски в воде под действие МУНТ, т.е. усиливалось закрепление АК на ткани.

Электрические измерения сопротивления и подсчет удельной проводимости σ по различным группам образцов составили: I – $\sigma \ll 10^{-7}$ См/м, II – $\sigma \sim 10$ См/м, III – $\sigma \sim 10^{-4} \div 10^{-2}$ См/м. После тепловой обработки в течение 30 мин при температуре 160 °С удельная проводимость образцов в составе МУНТ существенно увеличивалась: II – $\sigma \sim 100-500$ См/м, III – $\sigma \sim 50 \div 300$ См/м.

Практически одинаковые значения σ (по порядку величины) для образцов групп II и III, по-видимому, вызвано следующим обстоятельством: в образцах II группы суспензия состояла из АК и



МУНТ, и имела очень высокую вязкость, что затрудняла хорошее перемещение составных частей. Об этом свидетельствует неоднородный цвет суспензии и образцов – сине-черное. В этой группе реализуется бесконечный проводящий кластер (БПК) из МУНТ, что отражается на высокой σ . В образцах III группы суспензия состояла из АК, РАК и МУНТ. Из-за растворителя суспензия имела низкую вязкость ($\ll 1$ Па·с), перемешивалась хорошо, образцы получались однородные одного цвета – черные. Поскольку МУНТ были однородно распределены в объеме наноматериала и между ними была АК (непроводящая среда), такое состояние, вероятно, снижало зарождение БПК и следовательно были получены низкие значения σ . Однако тепловая обработка позволила значительно удалить из наноматериала растворитель, что способствовало к образованию многочисленных БПК и резкому увеличению удельной проводимости образцов II и III групп.

Таким образом, исследованные нами слои на основе наноматериала из акриловой краски и углеродных нанотрубок показали положительные свойства: стабильность образцов под воздействием воды (выдержка более 200 ч) и высокая удельная проводимость (~ 50 -500 См/м). Вероятно, полученные параметры приемлемы для разработки и создания электродов для биомедицинской техники.

Авторы выражают благодарность профессорам Подгаецкому В.М и Селищеву С.В. за полезные советы.

Работа выполнена в рамках частичной финансовой поддержке проекта Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение 14.575.21.0089, RFMEFI57514X0089) .



Ичкитидзе Леван Павлович, с.н.с., к.ф.-м.н., Тел.: (499) 720-87-63
E-mail: leo852@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РОСТА КЛЕТОК НА ПОВЕРХНОСТИ НАНОБИОКОНСТРУКЦИЙ

Л.П. Ичкитидзе¹, А.Ю. Герасименко¹, Н.Н. Журбина¹, У.Е. Курилова¹,
М.В. Мезенцева², В.М. Подгаецкий¹, И.А. Суетина²

- 1). Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
Зеленоград, г. Москва*
- 2). Федеральный научно-исследовательский центр эпидемиологии
и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи*

Исследовался рост клеток фибробластов эмбриона человека (ФЭЧ), инкубированных на поверхности нанобиоконструкций (НБК), которые размещались на кремниевой подложке. Образцы НБК делались путем разрезания пленки толщиной ~ 50 мкм из обработанной ИК лазерным излучением (λген = 810 нм) водной дисперсии бычьего сывороточного альбумина (БСА) с однослойными (ОУНТ) и многослойными углеродными нанотрубками (МУНТ).

Образцы помещались в 12-луночный планшет, который обрабатывался обеззараживающим УФ излучением и размещался в термостате. В каждую лунку помещались образцы НБК с нанесенными клетками. Использовались 4 периода инкубации



клеток – 3, 24, 48 и 72 ч. После извлечения из термостата клетки на поверхности образцов фиксировались раствором глутаральдегида.

После 3 ч инкубации, ФЭЧ еще не распластались и имели почти округлую форму. Размеры клеток составляли от 20 до 60 мкм, размеры клеточных отростков были ~ 10 мкм, а в некоторых случаях ~ 50 мкм.

В случае с образцами НБК на основе БСА и МУНТ практически отсутствует прикрепление клеток непосредственно на поверхность образца, однако клетки хорошо прорастали в участки трещин и другие неоднородности, что указывает на желательность использования в дальнейших экспериментах пористых поверхностей для пролиферации клеток (рис. 1, б, д, з). Размеры клеток составляли до 70 мкм, размеры отростков – до 40 мкм. Контрольные образцы (КО) формировались на кремниевых подложках без подслоя из НБК (рис. 1, в, е, и).

Через 24 ч инкубации клетки прикрепились и распластывались на поверхности образцов, принимая вытянутую форму (рис 1, а, б, в). Через 48 ч плотность клеток увеличилась и ими покрывались более половины площади лунок (рис 1, г, д, е), а через 72 ч клетки покрывали уже почти всю исследуемую область (рис 1, ж, з, и). Различались как более округлые клетки размером 40-50 мкм, так и распластанные (продольные размеры 100-150 мкм).

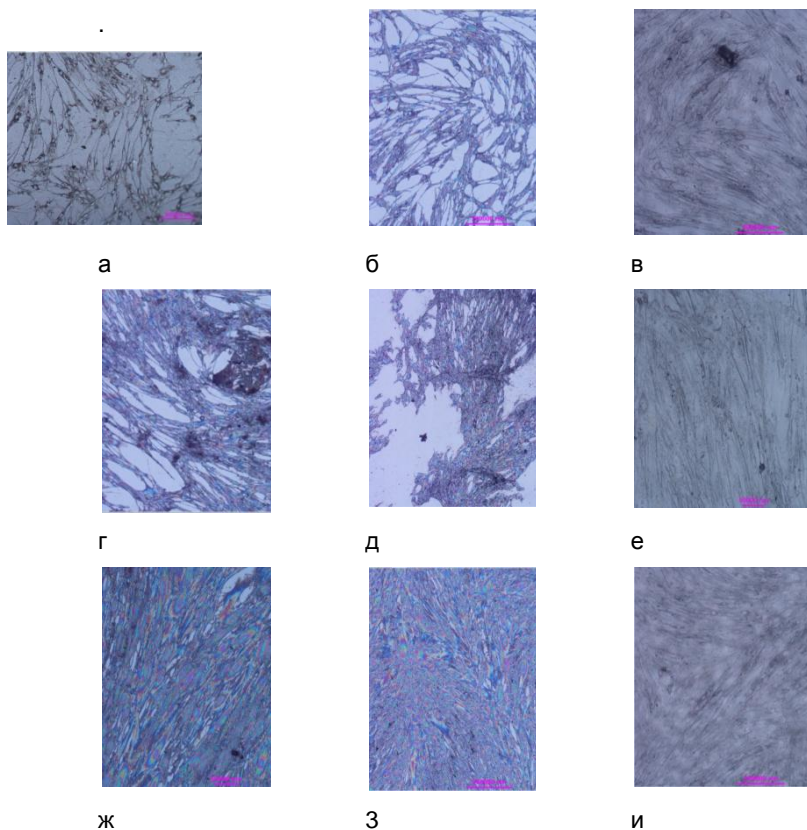


Рисунок 1 – Внешний вид НБК с ОУНТ (а, г, ж), МУНТ (б, д, з) и контрольных образцов (в, е, и) после 24 ч, 48 ч и 72 ч инкубации, соответственно

Таким образом, исследования инкубации клеток ФЭЧ на поверхности нанобиоконструкций из лазерно-обработанных водно-белковых дисперсий альбумина показали отсутствие угнетения клеток и их хороший рост в течение трех суток. Это позволяет



сделать вывод о биосовместимости исследованных нанобиоконструкций.

Работа проведена за счет средств Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение 14.575.21.0089, RFMEFI57514X0089).

Ичкитидзе Леван Павлович, с.н.с., к.ф.-м.н., Тел.: (499) 720-87-63
E-mail: leo852@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ПРИПОЯ, СОДЕРЖАЩЕГО УГЛЕРОДНЫЕ НАНОТРУБКИ

Л.П. Ичкитидзе, А.Ю. Герасименко, В.М. Подгаецкий, Е.С. Пьянков,
И.Б. Римшан, Д.И. Рябкин

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ»,
Зеленоград, г. Москва*

Лазерная сварка (ЛС) биологических тканей (биоткани) является перспективным направлением для медицинских приложений и одновременно является очень сложным для описания биофизическим процессом. Но есть понимание того, что на положительный исход соединения тканей сильно влияют физико-химические свойства компонентов вещества, которое наносится на свариваемые рассеченные биоткани и называется лазерным припоем (ЛП).

Относительная механическая прочность на разрыв ($\sigma \sim 1$ %) сваренных швов (СШ), полученных с применением ЛП и ЛС на основе водного раствора альбумина, считается неудовлетворительной [1]. В связи с этим был разработан ЛП на



основе водной дисперсии бычьего сывороточного альбумина (БСА, концентрация 25 мас. %) и углеродных нанотрубок (УНТ, концентрация $C = 0,1 \div 1,0$ мас. %). Использовались многослойные УНТ (МУНТ) и однослойные (ОУНТ) нанотрубки.

В качестве образца биоткани для ЛС была выбрана слизистая оболочка желудка свиньи (СОЖС). Биоткань промывалась и нарезалась на образцы в виде полос длиной 4-5 см и шириной 1-1,5 см. В качестве контрольных образцов (КО) использовались сплошные полосы в форме мостика с сужением в середине шириной 0,3-0,4 см. Остальные полосы были разрезаны пополам, на соединяемые части наносился ЛП и они плотно прижимались друг к другу. ЛС проводилась по точкам, имеющих площадь ~ 1 мм², в течение 0,3 \div 1 мин при температуре 63 ± 1 °С. Плотность мощности лазерного излучения –1 МВт/м², длина волны генерации – 532 нм. Полный СШ состоял из ~ 10 сваренных точек. Измерения силы разрыва СШ проводились с использованием динамометра в режиме фиксации максимального значения.

Каждая серия образцов состояла из 6 образцов, и для каждой серии использовался ЛП с различными значениями концентрации УНТ. Прочностью на разрыв σ СШ считалось среднее значение прочности для каждой серии.

Получены следующие экспериментальные результаты: прочность контрольного образца $\sigma_{КО} 0,95 \pm 0,25$ МПа; прочность СШ с ОУНТ с концентрацией $C = 0,1$ мас. % $\sigma = 0,5 \pm 0,1$ МПа; при $C = 0,3$ мас. % $\sigma = 0,4 \pm 0,1$ МПа; при $C = 1,0$ мас. % $\sigma = 0,25 \pm 0,06$ МПа. В случае СШ с МУНТ с $C = 0,1$ мас. % $\sigma = 0,25 \pm 0,06$ МПа; при $C = 0,3$ мас. % $\sigma = 0,2 \pm 0,05$ МПа; при $C = 1,0$ мас. % $\sigma = 0,55 \pm 0,15$ МПа.



Относительная прочность СШ σ находилась в пределах от 20 до 50 %. Этот показатель сравним со значениями σ при соединении биотканей традиционными шовным и клеевым методами или превосходит их.

Биофизический процесс при сварке биоткани связан с трансформацией ЛП из жидкого в твердое фазовое состояние. При этом СШ приобретает прочность объемного нанокompозита с высокими механическими параметрами, образованием внутри СШ прочного нанотрубчатого каркаса УНТ [2].

Выполненный эксперимент показал, что изменение на порядок концентрации УНТ в диапазоне от 0,1 до 1 мас. % приводит при использовании ОУНТ в составе СШ к снижению σ и σ примерно в 2 раза. В противоположность этому, при использовании МУНТ такое же увеличение σ вызывает увеличение прочности σ и σ примерно в 2 раза. По-видимому, это связано с тем обстоятельством, что порога перколяции в нанокompозите БСА/УНТ с МУНТ или ОУНТ являются разными.

Рентгено-томографические исследования структуры СШ соединенной биоткани СОЖС показали хорошее качество полученных соединений, структура СШ слабо отличалась от структуры контрольных образцов в целом.

Таким образом, лазерный припой, представляющий собой водную дисперсию БСА (~ 25 мас. %) и углеродных нанотрубок (≤ 1 мас. %) в качестве лазерного припоя, позволяет значительно увеличить механическую прочность на разрыв сварного шва относительно лазерного припоя, не содержащего углеродные нанотрубки.



Работа выполнена при финансовой поддержке
Министерство образования и науки РФ (соглашение 14.575.21.0044).

1. Sade S. EP Patent № 1958584.

2. Ичкитидзе Л.П., Комлев И.В., Подгаецкий В. М. и др.

Патент РФ № 2425700.

Ичкитидзе Леван Павлович, с.н.с., к.ф.-м.н., Тел.: (499) 720-87-63
E-mail: leo852@inbox.ru

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ И ПОВЕРХНОСТИ НА МАГНЕТИЗМ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА И МАГГЕМИТА

В.Н. Никифоров¹, А.Н. Игнатенко², В.Ю. Ирхин², А.В. Иванов³

- 1). *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, физический факультет, г. Москва, prrnpv@yandex.ru*
- 2). *Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург*
- 3) *ФГБУ "РОНЦ им Н.Н.Блохина" Минздрава России, г. Москва, ivavi@yandex.ru*

Первый из известных человечеству магнитных материалов - магнетит всё ещё остаётся во многом загадочным благодаря сложным взаимодействиям спиновых, орбитальных и зарядовых степеней свободы. Помимо магнетита к магнитным оксидам железа относится маггемит, который также имеет кристаллическую структуру шпинели. В магнетите один ион Fe_3^{2+} занимает тетраэдрическую позицию, а каждый из двух других ионов Fe_3^{2+} и Fe_2^{3+} — октаэдрические позиции. Благодаря катионному и



вакансионному упорядочению, маггемит может иметь тетрагональную суперструктуру.

Наночастицы магнетита и маггемита находят широкое применение в системах записи и хранения информации, биологических исследованиях и медицинских применениях. В частности, наномагнетит широко применяется как агент магнитной гипертермии при лечении онкологических заболеваний. Размеры наночастиц сильно влияют на многие характеристики обсуждаемых материалов: например, магнитная анизотропия наночастиц может быть заметно больше, чем у массивного образца, а намагниченность насыщения, наоборот, меньше. Температуры Кюри для наночастиц с размерами порядка несколько нм могут на сотни градусов отличаться от массивных образцов

Выполнены исследования по влиянию размера кластера магнетита и маггемита на магнитные свойства (магнитный момент, температура Кюри, температура блокировки т.д.). Нами исследовались как нативные, так и пассивированные декстраном наночастицы магнетита и наночастицы маггемита, синтезированные по методу со-осаждения и пиролиза аэрозолей, соответственно, размер которых контролировался методами динамического рассеяния света, рентгеновской дифракции, атомно-силовой микроскопии и сканирующей электронной микроскопии. Используя магнитную сепарацию и центрифугирование водной суспензии наночастиц удалось разделить наночастицы на фракции с разными размерами в интервале от 4 до 22 нм. Рассмотрены как нативные частицы, так и покрытые биорезорбируемым слоем. Изменение размера наночастиц приводит к изменению температуры Кюри и



магнитного момента наночастиц. Проведены расчеты магнитных свойств методом Монте-Карло для классической модели Гейзенберга с различными объемными и поверхностными магнитными моментами.

Никифоров Владимир Николаевич, к.ф.-м.н., доцент, Тел.:(916)151-59-98
E-mail: pppnvn@yandex.ru

ФОРМИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХДЛИННЫХ НАНОЦЕПОЧЕК

П.В. Провоторов, Н.В. Классен

Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка

Формирование непрерывных цепочек из наночастиц представляет большой интерес для различных областей применения нанотехнологий (микроэлектроника и оптоэлектроника, биосенсорика и др.). Поэтому разработке процессов формирования подобных цепочек уделяется большое внимание. Наибольшее количество публикаций по этому направлению относится к высаживанию наночастиц из газовой или жидкой фазы на шаблонные подложки цепочечной формы (например, ДНК). В наших экспериментах по электрическому взрыву металлических проволочек, испарению металлов лазером или плавлении высокочастотным разрядом наблюдалось самопроизвольное образование цепочек наночастиц в свободном пространстве. Наиболее не обычен факт аномальной длины таких цепочек. Если при высаживании на шаблоны длина наночапочек составляет, как правило, десятки микрон, то в наших экспериментах



формировались непрерывные цепочки в десятки сантиметров - так, длина цепочки из наночастиц оксида молибдена, образовавшейся при электрическом взрыве молибденовой проволоочки, составила 60 см. Видеозапись образования подобных цепочек показала, что при разлете жидких капель молибдена, образовавшихся при электрическом взрыве, наноцепочки начинают формироваться в виде паутинки в хвосте летящей капли, когда ее скорость снизится до 20 см/сек. Если же капля молибдена образуется при высокочастотном плавлении проволоочки, оторвавшаяся от нее капля взрыве ускоряется в свободном падении и цепочка - паутинка в ее хвосте начинает формироваться, когда капля ускорится до 20 см/сек. При движении капель жидкого молибдена в бескислородной среде наноцепочки не образуются. Обнаруженные явления объясняются так: капля жидкого молибдена в полете окисляется. Температуры плавления и кипения оксида молибдена намного ниже температуры плавления самого молибдена, поэтому образовавшийся оксид резко испаряется и этот пар потоком встречного воздуха оттесняется в заднюю полусферу летящей капли. Там он конденсируется в жидкость и, если скорость конденсации равна скорости полета капли, образуется непрерывная цепочка, соединяющая заднюю поверхность капли с задней частью цепочки. Для того, чтобы плотность пара достигла плотности, необходимой для быстрой конденсации его в жидкость, мы привлекли версию образования в быстро движущемся потоке пара турбулентных вихрей. За счет центробежной силы пар в вихре прижимается к его внешней стенке, где и конденсируется в жидкость, которая при охлаждении затвердевает. Электронная



микроскопия цепочек подтверждает версию турбулентности, т.к. они состоят из наночастиц размерами от 30 до 100 нм, связанных в колечки, которые непрерывно переходят друг в друга. Взяв на вооружение версию о том, что для образования сверхдлинных цепочек из пара его поток необходимо довести до турбулентности, а для этого пар надо разогнать до высокой скорости, мы добились формирования такого рода наноцепочек электрическим взрывом олова, а также лазерным испарением того же олова, свинца и меди. При лазерном испарении длина непрерывных цепочек не столь велика, как при электрическом взрыве. Но зато струя пара имеет хорошую направленность и образующиеся цепочки легко собираются на подложки, установленные по ходу струи, где при осаждении образуются ватоподобные агломераты. Ватоподобная структура удобна, например, для прямого преобразования светового или ионизирующего излучения в электроэнергию за счет внешнего фотоэффекта. Так как вата из цепочек наночастиц имеет большую внешнюю поверхность, а размеры наночастиц меньше длины пробега электронов, возбуждаемых в них при поглощении световых или гамма – квантов, в межчастичное пространство при облучении выбрасывается много фотоэлектронов, а вата заряжается положительно. Мы поместили вату из закиси меди, образовавшуюся на медной подложке при лазерном облучении меди на воздухе, в водно-спиртовой электролит. Вторым электродом в этом электролите служила пластинка алюминия. При освещении медной подложки с закисью между медью и алюминием возникла положительная разность потенциалов, указывающая на то, что электроны покидают медь и попадают на алюминий. Чем более



наноструктурированной была освещаемая поверхность медной подложки, тем сильнее была генерируемая освещением ЭДС. По аналогичной схеме можно получать ЭДС при облучении наноструктурированной подложки из соответствующего материала гамма - квантами. Оптимизация материалов подложек, состава электролита, структуры и состава облучаемых наночастиц позволит получить прямые преобразователи излучений в электричество с КПД, имеющем практическое значение.

Помимо такого рода радиационных электрогенераторов длинные наноцепочки могут быть, например, основой чувствительных биосенсоров. Даже одиночная биомолекула, захваченная одним из участков такой цепочки, изменит ее электропроводность, индуцируя электрический сигнал о захвате.

Провоторов Павел Владимирович. Лаборант ИФТТ РАН (ученик 11 класса), Тел. (916)0984768,
E-mail: highv.lab@gmail.com

МАТРИЦЫ НАНОПРОВОДОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Е.А. Смирнова¹, И.А. Обухов¹, Г.Г. Горох², А.А. Лозовенко²

1). НПП «Системные Ресурсы», г. Москва, i_obukhov@systemres.ru,
el_smirnova@systemres.ru



2). *Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь, г. Минск, gorokh@bsuir.by*

Современные технологии позволяют управляемо создавать матрицы диэлектрических материалов с регулярно расположенными сквозными порами диаметром от 30 нм до 100 нм и формировать в этих порах нанопровода из различных проводящих материалов [1,2]. Если с двух сторон такой матрицы нанопроводов сформировать проводящие контакты, то получится структура, пригодная для использования в различных функциональных целях [2,3,4].

Активными областями такой структуры являются переходы между контактами и нанопроводами. Материал контактов целесообразно выбирать таким образом, чтобы нанопровод представлял собой потенциальный барьер для электронов в контактах. Если диаметр нанопровода меньше, чем длина размерного квантования энергии электронов в материале нанопровода, то, изменяя диаметр, можно регулировать высоту барьера Δ .

Для нанопроводов из антимонида индия в матрице анодного оксида алюминия с металлическими контактами параметры устройства можно подобрать таким образом, что Δ окажется порядка энергии тепловых флуктуаций. В этом случае описанная структура может использоваться в качестве управляемого приложенным напряжением теплового насоса (нанохолодильника), способного точно охлаждать проводящие объекты (микросхемы, мощные транзисторы и т.п.) на десятки градусов [2,3].



Также матрица нанопроводов с описанными свойствами оказывается чувствительной к внешнему электромагнитному излучению инфракрасного диапазона (область длин волн 25 – 100 мкм) [3], что позволяет использовать ее в качестве фотоячейки [2]. При соответствующей мощности внешнего электромагнитного излучения один нанопровод может вырабатывать примерно 10 нВт электроэнергии. Плотность нанопроводов в матрице составляет 10⁹ – 10¹¹ штук/см². Расчеты показывают, что максимальная мощность, отбираемая от одного нанопровода, и коэффициент полезного действия такой фотоячейки пропорциональны отношению R_0/R , где $R_0 = \hbar/e^2 \approx 4,1$ кОм, e — заряд электрона, R — сопротивление нанопровода. То есть эффективность преобразования энергии электромагнитного излучения в электрическую энергию тем выше, чем ниже сопротивление нанопровода.

Еще один тип устройства на основе матрицы нанопроводов основан на эффекте релаксационной неустойчивости электронного газа в контакте нанопровода [3]. Эффект имеет пороговый характер и может возникать при определенных, специальным образом подобранных, параметрах структуры [4]. В настоящее время ведутся теоретические и экспериментальные работы по изучению эффекта и его применению для генерации СВЧ мощности. Полученные результаты указывают на возможность создания на основе матриц нанопроводов твердотельных СВЧ генераторов на частотах 300 – 3000 ГГц с высокой выходной мощностью, превышающей 30 мВт.

Литература



1. M. I. Khan, M. Penchev, X. Jing, X. Wang, M. Ozkan, C. S. Ozkan, K. N. Bozhilov. Electrochemical Growth of InSb Nanowires and Report of a Single Nanowire Field Effect Transistor // Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics.— 2008.— Vol. 3, No. 2.— P. 199—202.— DOI: 10.1166/jno.2008.203.

2. Г.Г. Горох, И.А. Обухов, А.А. Лозовенко Массивы нанопроводов из антимонида индия для перспективных термоэлектрических устройств. Технология и конструирование в электронной аппаратуре, 2015, № 1, с. 3-11.

3. I.A. Obukhov Nonequilibrium effects in one-dimensional quantum devices. Lambert Academic Publishing, 2014.

4. И.А. Обухов Квантовый провод как активный элемент СВЧ генератора. Материалы 25-й Международной Крымской Микроволновой Конференции, Севастополь, 2015, т.2, с. 715-717.

Смирнова Елизавета Алексеевна, старший инженер, аспирант физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, тел.: 8 (906) 529 56 40,
E-mail: el_smirnova@systemres.ru



**ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ НА РАЗМЕР И МОРФОЛОГИЮ
НАНОЧАСТИЦ ГИДРОКСИАПАТИТА**

Е.Ю. Фадеева, Е.А. Леткин, М.Ю. Королева, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И.

Менделеева, eyrfad@gmail.com

Усовершенствование методов получения наночастиц (НЧ) гидроксиапатита (ГАП) является актуальным направлением исследований, т.к. данное соединение является основным минеральным компонентом человеческой кости. В настоящее время ГАП успешно применяют в медицинских целях наиболее активно в хирургии и стоматологии для лечения дефектов костной ткани. ГАП нетоксичен, биосовместим, что положительно сказывается на процессе остеоинтеграции при имплантации материала в кость.

Наиболее простым и экономически выгодным методом получения НЧ ГАП является контролируемое осаждение в жидкой фазе в присутствии стабилизаторов. Данный способ позволяет получать частицы с заданными размером и морфологией.

Целью настоящей работы являлось изучение влияния концентрации неионогенного ПАВ полиоксиэтилен (20) сорбитанмоноолеата (Tween 80) и цитрата натрия на размер и морфологию получаемых НЧ ГАП. Цитрат натрия является основным регулятором роста кристаллов ГАП в костной ткани человека. Неионгенное ПАВ Tween 80 является биоразлагаемым и биосовместимым веществом, широко используемым в фармацевтической и пищевой промышленности.



В работе использовались следующие реактивы: $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Sigma-Aldrich, ХЧ), $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ (Химмед, Ч.Д.А.), NH_4OH (Химмед, ХЧ), Tween 80 (Sigma-Aldrich). Синтез НЧ ГАП проводили следующим образом: в водный раствор, содержащий CaCl_2 (0,1 М) и Tween 80 или цитрат натрия различной концентрации, со скоростью 1 мл/мин добавлялся 0,06 М водный раствор $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ при мольном соотношении $\text{Ca} / \text{P} = 1,67$. Синтез проводился при температуре 40 °С. pH реакционной смеси поддерживали равным $9,0 \pm 0,1$ добавлением 26-% водного раствора NH_4OH . Полученный осадок подвергался старению в течение 24 ч при комнатной температуре. Далее суспензию центрифугировали, осадок многократно промывали дистиллированной водой. Контроль pH производился на приборе Mettler Toledo FE-20. Микрофотографии образцов были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6700.

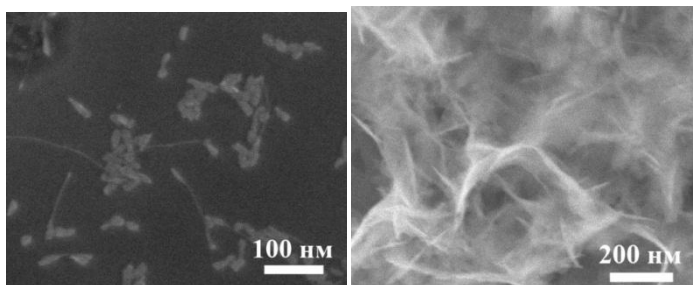


Рисунок 1. Микрофотографии НЧ ГАП, полученных методом контролируемого осаждения: в присутствии 0,3 М цитрата натрия (А), в присутствии 0,2 М Tween 80 (Б)



НЧ ГАП получали при мольном соотношения $\text{Cit}3^- / \text{Ca}2+$ от 0 до 4. Было показано, что при низких концентрациях цитрата натрия в реакционной среде (мольное соотношение $\text{Cit}3^- / \text{Ca}2+ < 2$) также как и в отсутствии стабилизатора, происходило образование наностержней длиной 200 - 280 нм. Повышение концентрации цитрата натрия приводило к уменьшению длины наностержней (~120 нм), что говорит о частичной стабилизации синтезированных НЧ за счет адсорбции цитрат-ионов на поверхности кристаллов ГАП. При мольном соотношении $\text{Cit}3^- / \text{Ca}2+ = 4$ происходило образование устойчивых в течение нескольких недель дисперсий НЧ ГАП размером 10-30 нм. Таким образом, изменяя концентрацию цитрата натрия, можно контролируемо синтезировать наностержни ГАП длиной 280 нм и менее, пластинчатые НЧ размером 10-25 нм.

Показано, что структуры, образованные неионогенным ПАВ Tween 80 выступают в качестве темплата для формирования нанокристаллов ГАП. При концентрациях стабилизатора в диапазоне 0,05 – 0,1 М преимущественно происходило образование наностержней длиной ~ 150 нм. С увеличением концентрации Tween 80 до 0,2 М (рис. 1 Б) происходило формирование иерархических пеноподобных структур.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания № 2015/171 и проекта № 16.962.2014.

Фадеева Елена Юрьевна, Тел.: 8-962-997-95-14
E-mail: eyrfad@gmail.com



Нанокompозитные полимеры

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА ЦИНКА НА ГОРЮЧЕСТЬ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИЛМЕТАКРИЛАТА

Добровольский Д.С., Маракулин С.И., Серцова А.А., Юртов Е.В.

*Российский химико-технологический университет им. Д.И.
Менделеева, г. Москва, Россия, nanomaterial@mail.ru*

Полиметилметакрилат (ПММА) – светопрозрачный полимерный материал, обладающий высокими механическими и оптическими свойствами [1]. Основным недостатком ПММА является высокая горючесть (значение кислородного индекса (КИ), определенного в соответствии ГОСТ 12.1.044-89, не превышает 17%) и относительно низкая термическая стабильность (полное разложение без образования карбонизированного остатка происходит до 400°C). Это ограничивает сферу использования ПММА.

Существует ряд способов снижения горючести и повышения термостойкости полимерных материалов, среди которых стоит выделить использование специальных замедлителей горения – антипиренов [2]. Эффективным методом повышения огне- и термостойкости ПММА с сохранением высоких оптических характеристик является использование наночастиц соединений металлов в качестве антипиренов[3].



В данной работе исследовано влияние наночастиц оксида цинка, со средним размером частиц 50 нм, на горючесть и термическую стабильность полиметилметакрилата. Композиционные материалы на основе ПММА получали методом радикальной полимеризации в блоке, при этом содержание наночастиц оксида цинка варьировали от 0,1 до 1 масс. %.

Оценку огне- и термостойких характеристик полученных композиционных материалов проводили по ГОСТ 21207-81 (скорость горения), ГОСТ 19932-99 (величина карбонизированного остатка), ГОСТ 12.1.044-89 (кислородный индекс), а так же при помощи ТГА-ДСК анализа.

Установлено, что оксид цинка способствует снижению горючести полиметилметакрилата даже в количестве 0,1 масс %. Введение оксида цинка приводит к карбонизации полимера в процессе термической деструкции (коксовый остаток композиции, содержащей 0,1 масс % оксида цинка равен 5,7 масс.%, а чистого полимера - 0 масс.%), уменьшению скорости горения почти в два раза, увеличению кислородного индекса и смещению кривой потери массы на температурной шкале более чем на 5% в область больших температур.

Для анализа механизма действия оксида цинка на огне- и термостойкие характеристики ПММА были проведены ИК и РФА исследования образцов чистого ПММА, композиции ПММА, содержащей наночастицы оксида цинка в количестве 1 масс.% и её карбонизированного остатка после термической обработки в течении 30 минут при температуре 350 °С. На основе полученных результатов было выдвинуто предположение, что один из



механизмов действия наночастиц оксидов металлов, направленный на снижение горючести ПММА, заключается в сшивке макромолекул ПММА в процессе термической деструкции композита и последующей карбонизации полученных комплексов.

Наночастицы оксида цинка являются эффективными антипиренами для ПММА, способствующими увеличению его огне- и термостойких характеристик с сохранением оптических параметров.

Работа выполнена при поддержке ФГБУ «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» в рамках договора (соглашения) № 5879ГУ2/2015 от 11.06.2015 о предоставлении гранта на выполнение научно-исследовательских работ.

1. Маракулин С.И., Серцова А.А., Юртов Е.В. Механизмы действия различного рода антипиренов, направленные на повышение огнестойкости полиметилметакрилата // Сборник трудов всероссийской молодежной конференции с международным участием – М: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2015, с 138.
2. Серцова А.А., Маракулин С.И., Юртов Е.В. Наночастицы соединений металлов - замедлители горения для полимерных композиционных материалов. Российский химический журнал, 2015, т.59, №3, с.78-85.
3. A. Laachachi, M. Cochez, M. Ferriol. Influence of TiO_2 and Fe_2O_3 fillers on the thermal properties of poly(methyl methacrylate) (PMMA) *Materials Letters* 59 (2005) 36–39.

Добровольский Денис Сергеевич, Тел. +7 (916) 223-87-82
gog227@yandex.ru



ВЛИЯНИЕ НАНО- И МИКРОЧАСТИЦ БОРАТА ЦИНКА НА ГОРЮЧЕСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Дыдышко А.К., Маракулин С.И., Серцова А.А., Юртов Е.В.

Российский химико-технологический университет им. Д.И.

Менделеева, г. Москва, nanomaterial@mail.ru

Полипропилен и композиционные материалы на его основе широко применяются в производстве, строительстве, машиностроении, электронике, автомобилестроении, электротехнике, медицине и других областях. Основным недостатком полипропилена, как и большинства термопластов, является низкая стойкость к воздействию открытого огня и высоких температур [1]. Существует несколько основных методов решения данной проблемы. Наиболее эффективным для полипропилена с технологической и экономической точки зрения является использование специальных добавок – антипиренов [2].

Промышленный трудногорючий полипропилен (PPs), соответствующий категории горючести ПБ-0 (ГОСТ 28157-89), содержит в своем составе 50-65 масс % наполнителя, таких как галогенсодержащие соединения, тальк, гидроксиды металлов и другие антипирены. Большое содержание добавки в композите негативным образом сказывается на эксплуатационных характеристиках материала. Поэтому задача снижения концентрации наполнителя с сохранением заданных огнестойких характеристик является актуальной. Одним из способов решения



данной задачи является использование разных типов замедлителей горения, действующих синергетно.

В работе изучали влияние размера наночастиц бората цинка на горючесть полипропилена, совместно с промышленным антипиреном – полифосфатом аммония (ПФА). В ходе работы проведен сравнительный анализ влияния размера частиц бората цинка на свойства композиций, содержащих нано- и микро борат цинк. Средний размер наночастиц бората цинка равен 70 нм, микрочастиц – 2 мкм.

Композиции на основе полипропилена получали экструзионным методом. Составы композиции, содержащие борат цинка и полифосфат аммония приведены в таблице 1. Исследование огне- и термостойких характеристик композиций на основе полипропилена проводили по ГОСТ 21207-81 (скорость горения) и ГОСТ 19932-99 (величина карбонизированного остатка).

Составы композиционных материалов на основе полипропилена.

Добавка	Массовое содержание, %				
Борат цинка	0	2	5	10	15
ПФА	15	13	10	5	0

В результате испытаний установлено, что композиция наночастиц бората цинка и ПФА эффективно влияет на снижение горючести полипропилена. Скорость горения образцов, содержащих 2 масс % наночастиц бората цинка и 13 масс % полифосфата аммония превосходит скорость горения композиций аналогичного



состава с микрочастицами бората цинка в 1,5 раза (1,6 см/мин и 2,4 см/мин соответственно). При таком соотношении компонентов добавки наблюдается синергетический эффект наночастиц бората цинка и ПФА, механизм которого основан на изменении процессов деструкции компонентов наполнителя.

Наночастицы бората цинка могут быть использованы в качестве эффективной синергетной добавки к полифосфату аммония для снижения горючести полипропилена. Добавка наночастиц бората цинка и ПФА в количестве 2 и 13 масс.% позволит значительно сократить количество наполнителя в композиции полипропилена с сохранением сопоставимых огнестойких характеристик, при этом в меньшей степени влияя на механические свойства материала.

4. Серцова А.А., Маракулин С.И., Юртов Е.В. Наночастицы соединений металлов - замедлители горения для полимерных композиционных материалов. Российский химический журнал, 2015, т.59, №3, с.78-85.
5. Маракулин С.И., Серцова А.А., Юртов Е.В. Влияние наночастиц бората цинка на огнестойкость композиционных полимерных материалов. // Вторая Всероссийская молодежная научно-техническая конференция с международным участием «Инновации в материаловедении»: сб. материалов / Ин-т металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН – М.: ООО «Ваш полиграфический партнер», 2015. с. 215-217.



Дыдышко Александр Константинович, Тел. +7 (910) 403-63-00
d1a9k94d26@gmail.com

ВЛИЯНИЯ ДОЛИ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ОБРАТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ НА ВРЕМЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОРИСТОГО ПОЛИСТИРОЛА

Щербakov В.А., Королева М.Ю., Юртов Е.В.

Российский химико-технологический университет им. Д.И.

Менделеева, г. Москва, 79851209347@ya.ru

Среди пористых полимерных материалов можно выделить отдельный класс, пористых полимеров, получаемых на основе обратных эмульсий. При полимеризации дисперсионной среды высококонцентрированных обратных эмульсий, т.е. эмульсий с долей дисперсной фазы более 0,74, получают пористые материалы с высокоразвитой взаимосвязанной структурой пор. Обычно дисперсную фазу удаляют посредством сублимационной сушки. Данный метод позволяет получать высокопористые материалы, состоящие из различных полимеров и их комбинаций, а так же позволяет получать материалы с контролируемой пористостью.

В данной работе было проведено изучение влияние доли дисперсной фазы на продолжительность процесса полимеризации дисперсионной среды обратных эмульсий с долей дисперсной фазы от 0,6 до 0,9. Дисперсионная среда эмульсий состояла из стирола. Для стабилизации эмульсий использовали Span 80. Объемное отношение стирол:Span 80 было равно 2:1. Для инициирования радикальной полимеризации использовали персульфат аммония,



который предварительно растворяли в водной фазе. Количество персульфата аммония составляло 3 мас.% от массы мономера. Водный раствор добавляли к смеси стирола и Span 80 с помощью перистальтического насоса со скоростью 2 мл/мин при перемешивании со скоростью 1200 об/мин. Процесс полимеризации проводили при 70°C. Для удаления водной фазы образцы подвергались сублимационной сушке.

На рис. 1 представлена зависимость времени полимеризации дисперсионной среды эмульсий от доли дисперсной фазы. С ростом доли дисперсной фазы время полимеризации уменьшается. Это можно объяснить тем, что с увеличением доли водной фазы плотность упаковки капель возрастает, и толщина прослоек между каплями уменьшается, соответственно, длительность полимеризации прослоек снижается.

Для исследования структуры пор был использован метод сканирующей электронной микроскопии. На рис. 2 (а, б) приведены микрофотографии образцов полученных на основе обратных эмульсий с долей дисперсной фазы 0,65 и 0,85.

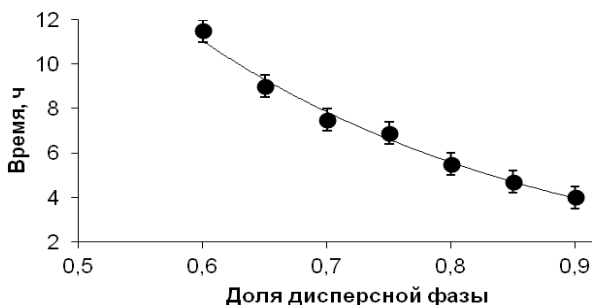




Рис. 1. Зависимость времени полимеризации дисперсионной среды эмульсий от доли дисперсной фазы

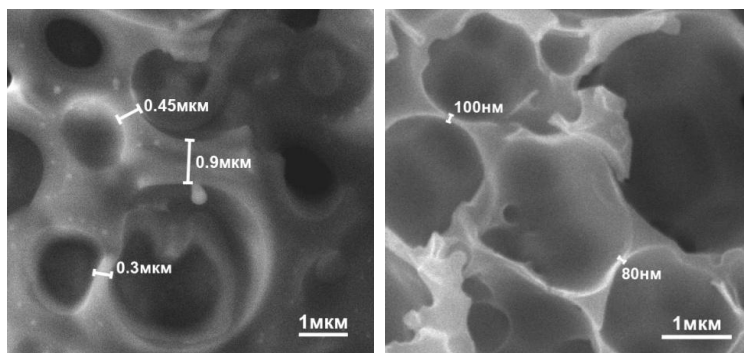


Рис. 2. Микрофотографии образцов пористого полистирола, полученные на основе обратных эмульсий с долей дисперсной фазы 0,65 (а) и 0,85 (б)

При анализе образцов средний диаметр пор составил $2,1 \pm 0,3 \mu\text{м}$. При увеличении доли дисперсной фазы от 0,6 до 0,9 средняя толщина прослоек в высокопористом полистироле уменьшилась от $1 \pm 0,2 \mu\text{м}$ до $70 \pm 20 \text{ нм}$.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания № 2015/171 и проекта № 16.962.2014.

Щербаков Вячеслав Александрович, Тел.: (985) 120-93-47
E-mail: 79851209347@ya.ru



**ПОЛИМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТЫ ДЛЯ КОМПЛЕКСНОЙ РАДИО-
И РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОНИКИ**

В.Н. Гульбин¹, Н.С. Колпаков¹, В.В. Чердынцев², А.А. Бойков²

1). АО «Инженерно-маркетинговый центр Концерна «Вега»,
Москва, vngulbin@mail.ru

2). Национальный исследовательский технологический
университет «МИСиС»

Космические аппараты, работающие на околоземной орбите, и ускорители заряженных частиц испытывают механические, температурные, радиационные и электромагнитные воздействия и должны быть изготовлены из материалов, способных защитить радиоэлектронную аппаратуру (РЭА) и персонал, эксплуатирующий ее.

С целью получения радио- и радиационно-защитного полимерного нанокompозита в настоящей работе использовался в качестве полимерной матрицы сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), который обладает высокими ударной прочностью и износостойчивостью, высокими химической стойкостью и морозостойкостью. Поглотителем гамма излучения использовался нанопорошок вольфрама с высокой способностью к поглощению гамма-излучения. Для защиты от быстрых нейтронов используются химические элементы с малым атомным весом, замедляющие их до тепловых энергий (водород в СВМПЭ), и борсодержащие элементы, обладающие большим сечением захвата тепловых нейтронов (карбид бора и др.). В качестве поглотителя



ЭМИ использовался технический углерод, способный поглощать СВЧ-излучение.

Компоненты полимерного нанокомпозита диспергировали в высокоэнергетичной планетарной мельнице с последующим термопрессованием под невысоким давлением. Полученные объемные образцы нанокомпозитов с различным содержанием компонентов подвергали электромагнитному излучению (ЭМИ) с частотой 4 ГГц, при этом величина ослабления ЭМИ достигала 37 дБ. Эти же образцы облучали нейтронным излучением с диапазоном энергий от 0,0017 эВ до 0,5 эВ, и гамма-излучением с диапазоном энергий от 200 КэВ до 1,4 МэВ.

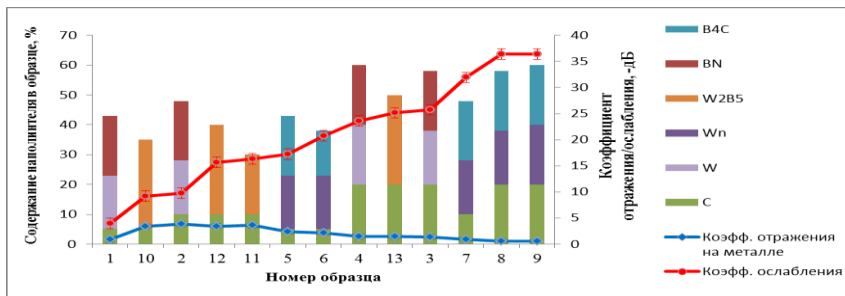


Рис. 1. Диаграмма зависимости радиофизических характеристик образцов от содержания компонентов.

Из диаграммы зависимости радиофизических свойств исследованных образцов (рис.1) видно, что с увеличением содержания углеродного наполнителя (образцы 3, 4, 8 и 9) повышается коэффициент ослабления ЭМИ, но при этом вольфрам способствует повышению этого коэффициента при значительном снижении коэффициента отражения ЭМИ.



Гульбин Виктор Николаевич, к.т.н., начальник Центра «Радиозащита»,
Тел.: +7(495)995-55-58
E-mail: vngulbin@mail.ru

Нанотехнологии в строительстве

ВЛИЯНИЕ НАНОМОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ

Т.А. Низина¹, А.Н. Пономарев², А.С. Балыков¹, С.Н. Кочетков¹

- 1). ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, nizinata@yandex.ru
- 2). ФГБОУ ВПО СПбГПУ, г. Санкт-Петербург

Бетон является наиболее широко распространенным материалом в строительной отрасли и активно используется при возведении зданий и сооружений. К технологическим и прочностным характеристикам бетонов предъявляются особые требования, в частности, они должны обладать высокой прочностью, необходимой подвижностью и сохраняемостью достигнутого уровня реологических характеристик в течение определенного времени, а также достаточно высокой скоростью набора прочности. Решать проблему улучшения данных параметров возможно путем применения различных модифицирующих добавок, в том числе на основе поликарбоксилатных пластификаторов. Однако использование этих модификаторов, обладающих высокой



пластифицирующей способностью, приводит на сегодняшний день к существенному росту себестоимости материала.

Результаты исследований, проведенных на базе Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарёва, свидетельствуют о возможности достижения высоких прочностных и реологических характеристик вяжущих цементных бетонов без существенного возрастания себестоимости за счет снижения расхода поликарбоксилатных пластификаторов при модификации их аддуктами нанокластеров углерода (АНКУ, техническое название «Углерон С»). Предлагаемые к использованию в качестве модификаторов водорастворимые производные (аддукты) нанокластеров углерода, разработанные ЗАО «НТЦ Прикладных Нанотехнологий» (г. Санкт-Петербург), позволяют получать устойчивые водные растворы, что значительно упрощает технологию их введения в состав растворных и бетонных смесей.

На основе полученных экспериментальных данных была проведена оптимизация составов цементных вяжущих и выявлен наиболее эффективный наномодификатор, что позволило продолжить исследования по разработке составов эффективных цементных бетонов. При изготовлении бетонных смесей были использованы: портландцемент (ЦЕМ I 42,Б; ОАО «Мордовцемент»; 350 кг/м³); высокопрочный диабазовый щебень (1150 кг/м³); речной песок Ичалковского района Республики Мордовия (650 кг/м³); поликарбоксилатный пластификатор Melflux 1641 F (0÷0,6% от массы цемента) и модификатор Углерон С (0÷6% от массы пластификатора).



Экспериментально установлено, что наибольший прирост подвижности бетонных смесей по отношению к немодифицированным составам достигается при концентрации пластификатора $0,26 \div 0,47$ % от массы цемента и наномодификатора – $4,8 \div 6$ % от массы Melflux 1641 F. Учитывая разделение бетонных смесей на 5 марок по удобоукладываемости (П1÷П5 по ГОСТ 7473-2010 «Смеси бетонные. Технические условия»), по результатам исследований был произведен анализ изменения предела прочности бетона при сжатии для каждой марки бетонной смеси отдельно (см. табл.).

Таблица

Исследуемый показатель	Марка бетонной смеси по удобоукладываемости				
	П1	П2	П3	П4	П5
Предел прочности при сжатии, МПа	35,2 – 39,9	35,2 – 39,6	35,3 – 40,1	35,5 – 40,3	35,9 – 41,2
Требуемое содержание Melflux 1641 F, %	0	0 – 5,6	3,9 – 6,0	4,5 – 6	4,8 – 6
Требуемое содержание Углерона С, %	0 – 0,22	0,21 – 0,26	0,25 – 0,32	0,29 – 0,39	0,34 – 0,6
Доля снижения расхода пластификатора, %	0	19,2	21,8	25,6	43,3



Выявлено, что использование наномодифицированного пластификатора Melflux 1641 F позволяет достигать существенного увеличения реологических характеристик без потери прочностных показателей цементных бетонов. Проведенная оптимизация составов позволила выявить возможность снижения поликарбоксилатного пластификатора Melflux 1641 F в составах цементных бетонов за счет его модификации Углероном С. Установлено (см. табл.), что в зависимости от предъявляемых требований к подвижности бетонных смесей, возможно снижение расхода пластификатора от 19 до 43%, причем наибольшая экономия наблюдается для высокоподвижных смесей марки П5 (осадка конуса не менее 21 см).

Низина Татьяна Анатольевна, д.т.н., профессор, Тел.: (917)99-36-389
E-mail: nizinata@yandex.ru

МЕЛКОЗЕРНИСТЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФИБРОБЕТОНЫ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК

Т.А. Низина¹, А.Н. Пономарев², А.С. Балыков¹, Н.А. Панькин¹

1). ФГБОУ ВПО «Мордовский государственный университет им.

Н.П. Огарёва», г. Саранск, nizinata@yandex.ru

2). ФГБОУ ВПО СПбГПУ, г. Санкт-Петербург

Известно, что бетон является гетерогенным материалом, имеет низкое отношение прочности при растяжении к прочности при



сжатии, а также склонен к образованию микротрещин в процессе усадки при твердении. Перечисленные недостатки предопределили необходимость решения специальных задач по выявлению оптимальных условий совмещения бетонной матрицы с различными видами армирующих волокон, технические характеристики которых изменяются в широком диапазоне. Использование дисперсного армирования позволяет повысить предел прочности на срез и на растяжение при изгибе, ударную и усталостную прочность, снизить усадочные деформации, предотвратить трещинообразование, увеличить эластичность, сопротивление удару и истиранию, повысить морозостойкость, водонепроницаемость и т.д. Применяя для армирования волокна разного вида или используя приемы комплексного дисперсного армирования фиброй различного вида, можно направленно регулировать характеристики бетона, обеспечивая тем самым требуемые эксплуатационные характеристики и долговечность.

В данной работе была проведена оценка эффективности применения в составах модифицированных мелкозернистых бетонов фибры трех видов: w_1 – низко модульное полипропиленовое мультифиламентное волокно с длиной резки 12 мм, диаметром $25\div 35$ мкм, плотностью $0,91 \text{ г/см}^3$ (ППН); w_2 – высоко модульное полиакрилонитрильное синтетическое волокно специальной обработки FibARM Fiber WB с длиной резки 12 мм, диаметром $14\div 31$ мкм, плотностью $1,17\pm 0,03 \text{ г/см}^3$ (ПАН); w_3 – модифицированная астраленами базальтовая микрофибра под фирменным названием «Астрофлекс-МБМ» длиной $100\div 500$ мкм, средним диаметром $8\div 10$ мкм, насыпной плотностью 800 кг/м^3 , с содержанием астраленов



0,0001÷0,01% от массы фибры (МБМ). В качестве модифицирующих добавок использовался: микрокремнезем конденсированный уплотненный (МКУ-85) производства ОАО «Кузнецкие ферросплавы» (МКУ); высокоактивный метакаолин белый производства ООО «Мета-Д» (ВМК); гидроизоляционная добавка в бетонную смесь «Пенетрон Адмикс» (Адмикс). Уровни варьирования исследуемых факторов в кодированных величинах и их численные значения представлены в таблице. Неизменными составляющими фибробетонной смеси оставались: доля мелкозернистого заполнителя – 65% от массы твердой фазы и содержание суперпластификатора Melflux 1641 F – 0,5% от массы вяжущего. При составлении плана исследования обеспечивалось выполнение следующих условий:

$$0 \leq v_i \leq 1, \sum v_i = 1, i=1, 2, 3; \quad 0 \leq w_i \leq 1, \sum w_i = 1, i=1, 2, 3.$$

Таблица

Уровни варьирования исследуемых факторов экспериментального исследования

Факторы			Уровни варьирования			
			0	0,333	0,5	1
Вид добавки	v_1	МКУ, % от массы цемента	0	6,667	10	20
	v_2	ВМК, % от массы цемента	0	2	3	6
	v_3	Адмикс, % от массы цемента	0	0,5	0,75	1,5
Вид фибры	w_1	ППН, % от массы цемента	0	0,333	0,5	1
	w_2	ПАН, % от массы цемента	0	0,5	0,75	1,5
	w_3	МБМ, % от массы цемента	0	1,667	2,5	5

По результатам проведенных исследований были получены экспериментально-статистические модели зависимости показателей качества мелкозернистых фибробетонов вида «смесь I, смесь II -



свойство», проведен их анализ и выявлены составы с комплексом наилучших упруго-прочностных показателей. Установлено, что увеличение содержания ВМК, а в ещё большей степени добавки Адмикс в общей массе применяемых модификаторов позволило получить бетоны с наибольшей плотностью и пределом прочности на растяжение при изгибе, причем максимальные результаты были достигнуты при равном соотношении МБМ и ПАН-фибры. Наиболее высокие прочностные показатели при сжатии зафиксированы для составов, содержащих метакаолин и ПАН-фибру; для модификаторов Адмикс и МКУ зона максимальных значений данного показателя зафиксирована при практически равном соотношении фибр, т.е. при $w_1 \approx w_2 \approx w_3$. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности комплексного применения модифицирующих добавок и дисперсных систем для повышения эксплуатационных характеристик мелкозернистых фибробетонов.

Низина Татьяна Анатольевна, д.т.н., профессор, Тел.: (917)99-36-389
E-mail: nizinata@yandex.ru



Нанобиотехнологии

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА ПРИ ПЕРОРАЛЬНОМ ПОСТУПЛЕНИИ В ОРГАНИЗМ ЖИВОТНОГО В ПОДОСТРОМ И СУБХРОНИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Ю.П. Бузулуков^{1,2}, А.А. Анциферова^{1,2}, В.А. Демин^{1,2}, В.Ф. Демин^{1,2},
П.К. Кашкаров^{1,2,3}

- 1). Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», 123182, Москва, Россия, buzulukov@inbox.ru
- 2). Московский физико-технический институт (университет), 141700, Долгопрудный, Московская область, Россия, aiyoga@yandex.ru
- 3). Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия, kashkarov_pk@nrcki.ru

Наночастицы серебра (Ag НЧ) заметно отличаются от других неорганических НЧ большим объемом их коммерческого производства, как в РФ, так и в глобальном масштабе. Область применения Ag НЧ продолжает расширяться, главным образом в области производства средств гигиены, антибактериальных и фунгицидных средств, в сельском хозяйстве, косметической продукции и производстве биологически активных добавок к пище. В связи с этим изучение биокинетики Ag НЧ (понимаемой в данном случае как изучение их усвоения, экскреции, метаболизма, биораспределения и тропизма к различным органам и тканям) представляет особую важность и, в первую очередь, для оценки их



потенциальной опасности для человека и окружающей среды. В этой связи в НИЦ «Курчатовский институт» (в сотрудничестве с МФТИ, ФГБНУ «НИИ Питания» и ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского) в течение последних 5 лет проводятся работы по экспериментальному изучению биокинетики Ag НЧ в организме млекопитающих.

В докладе представлены результаты экспериментов с подострым и субхроническим пероральным введением Ag НЧ, представляющие наибольший интерес с точки зрения оценки потенциальной опасности Ag НЧ для человека и окружающей среды. Эксперименты проведены на лабораторных мышах и крысах отбором биообразцов (головного мозга, крови, а в ряде экспериментов также и печени, почек и гонад) после длительного перорального введения в организм Ag НЧ и последующего измерения массы/концентрации НЧ в биообразцах. Работы с животными проводились в строгом соответствии с законодательством Российской Федерации и положениями "Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей", в соответствии с методическими рекомендациями по использованию лабораторных животных в токсикологическом эксперименте.

Измерения массы Ag в биообразцах проводилось по аттестованным методикам на основе нейтронно-активационного анализа (НАА) и использования радиоактивно-меченых НЧ. В экспериментах с использованием НАА также применялась методика, позволяющая измерением активности изотопа железа Fe^{59} оценить количество остаточной крови в биообразцах, что имеет большое



значение для оценки доли НЧ, проникших в собственно ткани органов, по отношению к доле НЧ находящихся в кровеносных сосудах и капиллярах биобразца. Линейные размеры НЧ измерялись методом фотон-корреляционной спектроскопии.

В экспериментах использовались коммерчески производимые в РФ нестабилизированные НЧ серебра с средним диаметром размером 2,3 нм и стабилизированные НЧ с средним диаметром 9 нм и 35 нм. В этих экспериментах была измерена масса наночастиц, проникших в головной мозг, печень и кровь, а в ряде экспериментов дополнительно исследовались гонады и почки лабораторных животных. Особое внимание было направлено на транспорт НЧ через гематоэнцефалический барьер.

В результате экспериментов серебро обнаружено во всех биообразцах, за исключением биообразцов контрольных групп мышей. Обнаружен и подтверждён факт материальной кумуляции (накопления) НЧ серебра в головном мозге и гонадах в процессе подострого и субхронического эксперимента. В докладе приводится обсуждение полученных результатов.

Результаты представляют интерес при оценке безопасности наноматериалов для человека и окружающей среды, для медицины, ветеринарии, косметологии и пищевой промышленности, а также для фундаментальных исследований по биокинетике наночастиц.

Описанные в докладе экспериментальные прикладные научные исследования проведены при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект RFMEFI57514X0072).

Бузулуков Юрий Петрович, к.б.н., Тел. +79161182607
E-mail: buzulukov@inbox.ru



**УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ СУСПЕНЗИЯМИ И КОМПОЗИТАМИ ИЗ
НАНОЧАСТИЦ И БИОПОЛИМЕРОВ НИЗКОЧАСТОТНЫМИ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПОЛЯМИ И РАДИАЦИЕЙ**

А.А. Васин, Н.В. Классен

Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка

Водные суспензии и композиты из неорганических наночастиц и биополимеров (ДНК, коллаген, хитозан и др.), составляют основную часть мягких и костных тканей млекопитающих (в том числе человека), насекомых, земноводных, микробов, вирусов, бактерий то есть всего живого. Поэтому понимание механизмов формирования и функционирования подобных суспензий и композитов, а также умение управлять этими процессами играют определяющую роль для прогресса биомедицины в части лечения патологий, борьбы с инфекциями, вредителями и т.д. Ранее нами был обнаружен новый вид взаимодействия между нанобъектами в водных суспензиях, приводящий, в частности, к ряду особенностей поведения композиций биомолекул и неорганических наночастиц. Как оказалось, на достаточно малых расстояниях, сравнимых с размерами гидратированных областей вокруг этих объектов, между противоположно заряженными частицами или молекулами возникает электростатическое отталкивание, уравнивающее обычное кулоновское притяжение. За счет этого возникает минимум электростатической энергии и образуются связанные состояния микронных масштабов. Такая особенность обусловлена скачком диэлектрической проницаемости на границе между областями



связанной воды, окружающей наночастицы, и свободной воды в межчастичном пространстве. На этой границе со стороны источника внешнего поля индуцируются заряды того же знака, создающие электростатическое отталкивание, которым и компенсируется кулоновское притяжение. В результате в водной среде спонтанно формируются пространственно периодические агломераты типа микро- и/или мезо-скопических кристаллитов из нанокомпонентов, которыми могут быть как неорганические наночастицы, так и органические молекулы. В зависимости от условий такого рода кристаллизации формы этих кристаллитов варьируются от развитой системы дендритов с ярко выраженной анизотропной морфологией, но изотропной внутренней структурой (что выражается в отсутствии оптической поляризационной анизотропии) до агломератов со сравнительно изотропной внешней морфологией, но отчетливой оптической анизотропией. Например, в агломератах ДНК с наночастицами двуокиси кремния наблюдается оптически изотропные дендриты, но в суспензиях той же ДНК с наночастицами титанатов бария или свинца образуются округлой формы поликристаллические островки, внутри которых ярко проявляется оптическая анизотропия. Для объяснения такого разнообразия привлекается дополнительное взаимодействие между электрически активными фрагментами ДНК и сегнетоэлектрическими моментами титанатов, которое приводит к частичному распрямлению цепочек ДНК для компенсации этих моментов при связывании биополимера с наночастицами. Подобное спонтанное самоориентирование биополимеров обнаружено и в водных суспензиях указанных наночастиц и молекул коллагена, в результате чего возникает не



только оптическая анизотропия, но и макроскопический дипольный момент всего агломерата в целом. Дендритные структуры наблюдаются и в агломератах хитозана и оксидных наночастиц, белков коллагена и т.д. Описанные выше микроскопические связанные состояния положительных и отрицательных наноконпонентов водных суспензий (как органических, так и неорганических) являются резонаторами, которые по причине их сравнительно больших масс и расстояний уравнивания притяжения и отталкивания характеризуются низкими резонансными частотами – от долей герца до десятков герц. В разных типах агломератов подобных составов (хитозан – двуокись кремния, коллаген – титанат бария, ДНК – титанат свинца) при подборе соответствующих им резонансных частот внешнего поля отчетливо наблюдаются переключения их внутренней структуры. Важно подчеркнуть, что в удаленных друг от друга агломератах аналогичных составов эти переключения происходят синхронно с точностью до сотых долей секунды, хотя расстояние между ними гораздо больше их собственных размеров. Такую синхронность можно объяснить тем, что переключение, начавшись в одном из агломератов, возбуждает в нем резонансное поле, которое со скоростью света доходит до других агломератов и, вызывая в них резонансные колебания, также индуцирует переключения. Такой механизм дальнего действия через обмен резонансными низкочастотными полями позволяет объяснить согласованное поведение биообъектов, расположенных далеко друг от друга. Например, известно, что недостаточно осторожное воздействие на злокачественную опухоль вызывает быстрое развитие ее



метастазов в удаленных областях организма. С другой стороны, воздействие на опухолевые клетки их резонансными полями позволит избирательно их уничтожить без вредных воздействий на здоровые клетки, т.к. их резонансные частоты имеют другие значения. Аналогичным образом можно разрушать вирусы или бактерии, не поддающиеся медикаментозному лечению. Достаточно в лаборатории найти их резонансные частоты, чтобы обрабатывать организм полями таких частот.

Васин Александр Андреевич, тел. 8(968)5676947,
E-mail: alexcampeones@yandex.ru

ЛИПИДНЫЕ ЧАСТИЦЫ С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМИ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

О.С. Горбачевский, М.Ю. Королева, Е.В. Юртов

*Российский химико-технологический университет им. Д.И.
Менделеева, г. Москва, osgorbachevski@gmail.com*

Твердые липидные частицы (ТЛЧ) в настоящее время рассматриваются как средства направленной доставки лекарственных веществ в организм человека. Высокая биосовместимость, обеспечение пролонгированного действия лекарственных препаратов, относительная простота получения и относительно низкая стоимость ТЛЧ все более привлекают внимание исследователей.



В данной работе исследовано влияние инкапсулированных маслорастворимых лекарственных веществ: куркумин, нимесулид, гидрокортизон и α -токоферол на размер ТЛЧ. В качестве дисперсной фазы использовался парафин ($t_{пл} \approx 54^\circ\text{C}$). ТЛЧ стабилизированы неионогенным ПАВ Eumulgin O10, высокомолекулярным соединением – поливиниловым спиртом (ПВС) и положительно заряженными наночастицами $\text{SiO}_2@Al_2O_3$ (Ludox CL).

ТЛЧ получали посредством диспергирования расплавленного парафина с растворенным в нем лекарственным веществом в водном растворе стабилизаторов при интенсивном перемешивании и последующем охлаждении. В таблице 1 приведены данные о размерах ТЛЧ с различными инкапсулированными лекарственными веществами.

Таблица 1. Средний диаметр ТЛЧ с инкапсулированными лекарственными веществами

Лекарственное вещество	Средний диаметр, нм
Без лекарственных веществ	460
Куркумин	670
Гидрокортизон	700
Нимесулид	360
α -Токоферол	400

При инкапсулировании куркумина и гидрокортизона средний диаметр частиц парафина увеличивался с 460 до ~ 700 нм. Инкапсулирование α -токоферола и нимесулида приводило к



снижению диаметра частиц до 400 и 360 нм, соответственно. При этом распределение ТЛЧ по размерам становилось более узким. В качестве примера на рис. 1 приведены распределения по размерам частиц парафина, не содержащих лекарственные вещества, и частиц парафина, содержащих α -токоферол.

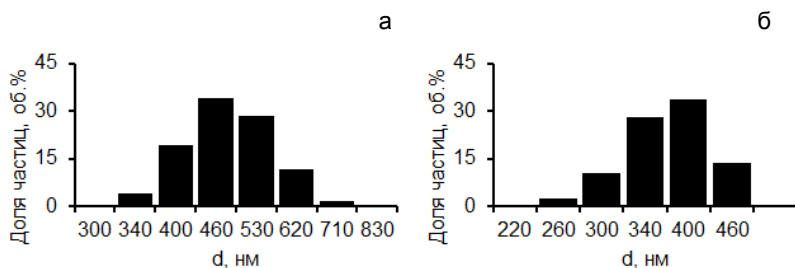


Рис. 1. Распределения по размерам частиц парафина, не содержащих лекарственные вещества (а), и частиц парафина, содержащих α -токоферол (б).

Молекулы гидрокортизона и куркумина содержали большое количество гидроксильных групп. Электростатическое отталкивание, происходившее при взаимодействии этих ОН-групп с полярными группами молекул ПАВ, препятствовало образованию адсорбционного слоя на поверхности частиц парафина, что приводило к снижению эффективности стабилизации и, следовательно, к увеличению размера ТЛЧ. Молекулы нимесулида и α -токоферола менее полярны, поэтому они не оказывали отрицательного влияния на стабилизацию частиц парафина молекулами ПАВ, ПВС и наночастицами $\text{SiO}_2@Al_2O_3$.



Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания № 2015/171 и проекта № 16.962.2014.

Горбачевский Олег Станиславович, аспирант, Тел: (495) 495-21-16
E-mail: osgorbachevski@gmail.com

РАСТИТЕЛЬНЫЕ АКТИВНЫЕ УГЛИ ИЗ ЕЖЕГОДНО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УГРОЗ БИОСФЕРЕ

Н.Л. Воропаева¹, В.М. Мухин², Н.И. Богданович³, В. В.Гурьянов²,
В.В. Карпачев¹

1) *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рапса»*

(ФГБНУ ВНИИ рапса), г. Липецк, bionanotex_1@mail.ru

2) *ОАО «ЭНПО «Неорганика», РФ, Московская обл., г.*

Электросталь, bionanotex_1@mail.ru

3) *Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В.Ломоносова, г.Архангельск*

Светлой памяти проф. Рубана И.Н. посвящается

Сточные воды (СВ) – это сегодня самая большая экологическая угроза биосфере. Весомый вклад в это загрязнение вносят, в частности, СВ нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и нефтехимических комбинатов (НХК), ЖКХ и др. Наиболее



эффективным методом очистки сточных вод НПЗ и НХК является биосорбция.

Биосорбция, как известно, это метод очистки, заключающийся во внесении в жидкую фазу одновременно бактерий-деструкторов (БД) и различных их матриц-носителей, в том числе активных углей (РАУ). При этом БД обсеменяют развитую внутреннюю поверхность мезо- и макропор РАУ, где они защищены от патогенной биофлоры, а адсорбционный потенциал микропор (20-25 кДж/моль) концентрирует («подтягивает») органические загрязнители в объём гранул, создавая благоприятную питательную среду для БД. Таким образом, резко возрастает эффективность биосорбционной очистки.

Однако в настоящее время в процессах биосорбции используют промышленные активные угли типа ОУ (на основе древесных углей-сырца) или марки УАФ (на основе каменных углей). Но такие АУ не являются оптимальными носителями при проведении процесса биосорбции, т.к. имеют невысокий объём макропор (0,20-0,30 см³/г), где концентрируются БД. При этом объём сорбирующих микро- и мезопор также мал – 0,20-0,25 см³/г.

Исследования в области получения новых углеродсодержащих носителей для биосорбции, выполненные в последние годы, показали, что идеальными «углеродными» сорбентами для этого процесса являются АУ, полученные из соломы различных сельскохозяйственных культур (активные угли типа РАУ) как перспективного ежегодно возобновляемого сырьевого ресурса. Для этого растительного сырья характерно наличие первичной пористой структуры, высокое содержание углерода,



доступность, низкие плотность и энергозатраты на измельчение для получения РАУ в виде порошков. Полученные РАУ имеют высокоразвитый объем макропор, достигающий 3,0-4,0 см³/г, что создает благоприятные условия для расселения бактерий-деструкторов. С другой стороны, развитие объема крупных микропор и мезопор, т.е. объема сорбционного пространства, у них достигает 0,40-0,60 см³/г, что обеспечивает отличную сорбцию крупных молекул нефтепродуктов и их концентрирование в объеме пор, создавая благоприятнейшую питательную среду для БД. Оценка биосорбционной очистки сточных вод НПЗ и НХК подтвердила высказанное нами предположение о резком увеличении эффективности их биосорбционной очистки.

Часть исследований проведена в рамках задания на выполнение НИР «Разработать инновационную технологию получения новых функциональных (нано)материалов для АПК из ежегодно возобновляемых сельскохозяйственных отходов масличных капустных культур».

Воропаева Надежда Леонидовна, Тел. 89158547467,
E-mail: bionanotex_1@mail.ru



**РАСТИТЕЛЬНЫЕ АКТИВНЫЕ УГЛИ ИЗ ЕЖЕГОДНО
ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ИЛИ
ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ**

Н.Л. Воропаева¹, В.М. Мухин², Ю.Я. Спиридонов³, А.А. Курилкин²,
В.В. Карпачев¹

- 1). Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт рапса»
(ФГБНУ ВНИИ рапса), г. Липецк; bionanotex_1@mail.ru;
- 2). ОАО «ЭНПО «Неорганика», Московская обл., г. Электросталь
- 3). Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
фитопатологии» (ФГБНУ ВНИИ фитопатологии), Московская
обл., г. Голицино, bionanotex_1@mail.ru;

Светлой памяти проф. Рубана И.Н. посвящается

Производство экологически чистой пищи, в том числе продукции животноводства, в настоящее время сталкивается с всё возрастающими трудностями. Корма очень часто загрязняются ксенобиотиками как антропогенного (гербициды, пестициды и др.), так и естественного (микотоксины) характера. Эти вещества, как правило, обладают большой молекулярной массой и могут быть связаны только сорбентами с определенным комплексом физико-химических параметров. Кроме того, пища переваривается в желудке животных очень короткое время (приблизительно в течение суток), и поэтому детоксикация комбикормов должна проводиться с помощью сорбентов, обеспечивающих высокую кинетику адсорбции.



Таким образом, при подборе сорбентов с детоксикационной активностью необходимо принимать во внимание оба эти фактора: большую молекулярную массу ксенобиотиков и высокую кинетику адсорбции. При этом следует отметить, что такие сорбенты должны иметь не только развитый объем микропор, но и, прежде всего, высокий объем мезопор с размером 2,0-10,0 нм.

Вышеуказанным критериям соответствуют, в частности, некоторые углеродсодержащие сорбенты на основе активных углей (АУ). Активные угли промышленного изготовления, как правило, имеют низкий ($0,05-0,12 \text{ см}^3/\text{г}$) объем мезопор и не достаточно эффективны в детоксикации комбикормов. Многочисленные эксперименты по получению активных углей заданной структуры из различных типов углеродсодержащего сырья, в том числе, ежегодно возобновляемого, показали, что АУ, полученные из соломы различных сельскохозяйственных культур (РАУ), обладают необходимыми для решения данной задачи показателями: развитым объемом мезопор - $0,20-0,30 \text{ см}^3/\text{г}$ при общем объеме сорбционного пространства W_s - $0,40-0,60 \text{ см}^3/\text{г}$ и размером мезопор - 2,0-8,0 нм. Поры обычно ограничены sp^2 -искаженными графеновыми слоями, т.о. в большинстве случаев поры представлены в виде щелей. Межплоскостное расстояние в турбостратных структурах $\sim 0,344 - 0,370$ нм. Форма и распределение пор являются следствием природы прекурсора (соломы) и метода обработки. Эффективная адсорбция в микропорах достигается за счет сил Ван-дер-Вальса, следствием чего является высокая электронная плотность в графеновых слоях. Теплота процесса адсорбции зависит от размера молекул



адсорбата. Такие АУ на основе указанного растительного сырья (общей марки РАУ) уже показали свою высокую эффективность в детоксикации кормов в животноводстве, птицеводстве и рыболовстве.

Часть исследований проведена в рамках задания на выполнение НИР «Разработать инновационную технологию получения новых функциональных (нано)материалов для АПК из ежегодно возобновляемых сельскохозяйственных отходов масличных капустных культур»; «Создать новые адаптивные сорта и гибриды F1 на основе ЦМС масличных капустных культур, сочетающие высокий потенциал продуктивности с устойчивостью к основным биотическим и абиотическим факторам среды».

Воропаева Надежда Леонидовна, Тел. 89158547467,
E-mail: bionanotex_I@mail.ru

(НАНО)МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СНЯТИЯ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОСИСТЕМЫ

Н.Л.Воропаева¹, А.Г.Ткачев², В.П.Варламов³, В.В.Карпачев¹,
О.Л.Фиговский⁴

- 1). ФГБНУ ВНИИ рапса; bionanotex_I@mail.ru
- 2). ООО «НаноТехЦентр», Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов; bionanotex_I@mail.ru
- 3). Центр «Биоинженерия» РАН; bionanotex_I@mail.ru
- 4). Polymate Ltd.-INRC, Migdal HaEmek, Israel; bionanotex_I@mail.ru

Светлой памяти проф. Рубана И.Н. посвящается



Снятие пестицидной нагрузки на экосистемы путем замены традиционных химических средств защиты растений в сельскохозяйственном производстве на «безпестицидные» препараты и получение экологически безопасной или чистой продукции АПК – это сегодня важнейшие мировые приоритеты, направленные на сохранение, восстановление агробиоценозов и «экологизацию» сельского хозяйства в целом. Весомый вклад в это направление деятельности вносят исследования, связанные с разработкой и применением новых нетоксичных экологически безопасных препаративных форм средств защиты, обладающих элиситорной активностью и обеспечивающих повышение болезнеустойчивости растений за счет повышения их иммунного статуса. Защита растений от болезней с помощью элиситоров базируется на активации эндогенных факторов устойчивости растений и является более «экологичной» в сравнении с традиционными пестицидами. Индуцирование устойчивости растений, называемое иммунизацией, сходно с вакцинацией, которая широко используется в медицине и ветеринарии. Однако в отличие от вакцинации оно не нашло до настоящего времени повсеместного практического применения в защите растений, что, вероятно, связано с отсутствием в иммунитете растений системы «антиген-антитело». Не обладая биоцидным действием, препараты с элиситорной активностью представляют несомненный интерес при разработке так называемых «экологических систем» защиты растений, поскольку их применение не отражается на биоценозах. При применении таких препаратов, например, в процессе обработки семян перед посевом и растений в период вегетации различными



способами резко снижается сфера воздействия пестицидов на окружающую среду и человека.

Семена различных сельскохозяйственных растений, обработанные нами экологически безопасными или экологически чистыми полифункциональными физиологически активными (нано)материалами –(нано)чипами на основе модифицированных природных минералов - МПМ (вермикулита (МВМ), шунгита и др.), углеродсодержащих сорбционноемких (нано)материалов –УСНМ, активных углей из растительных отходов (РАУ), углеродных нанотрубок (Тауниты), графена (ГФ) и т.п.) и производных полисахаридов - ВРП (водорастворимых эфиров целлюлозы (ВЭЦ) - натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (NaКМЦ), метилцеллюлозы (МЦ) и др.) с одновременным включением в рецептуру элиситоров различной природы (элиситоры - индукторы болезнестойчивости природного происхождения (на основе хитозана, органических кислот и бактериальных культур), высевались в полевых опытах согласно агроправилам возделывания изучаемых сельскохозяйственных культур. Проводились все необходимые учеты и наблюдения за ростом, развитием растений и их урожайностью в зависимости от состава разработанных (нано)материалов-(нано)чипов для предпосевной обработки семян и растений в период вегетации.

В результате проведенных исследований выявлена выраженная дифференциация по изучаемым показателям в различных вариантах опыта в зависимости от состава нанесенных на поверхность семян рапса комплексных полифункциональных (нано)чипов в процессе их предпосевной обработки с помощью



(нано)технологии и использованных при опрыскивании посевов бопестицидов с элиситорной активностью. При этом достоверная прибавка урожая по сравнению с контролем ($HCP_{0,5, \text{ц/га}}=1,28 \text{ ц/га}$) при использовании экологически чистых (нано)чипов (без химических средств защиты растений) составила $1,61 \text{ ц/га} - 5,13 \text{ ц/га}$ в зависимости от их состава и структуры. Введение в состав этих (нано)чипов половинных (0,5 от рекомендуемых фирмами-производителями) норм применения инсекто-фунгицидов в случае сильных инфицированных фонов способствовало увеличению урожайности от $2,55 \text{ ц/га}$ до $12,28 \text{ ц/га}$ в зависимости от их природы, состава и структуры (нано)систем. Таким образом, использование бопестицидных (нано)материалов позволяет рассматривать данную (нано)технология как одну из возможных экологически безопасных альтернатив ГМО.

Воропаева Надежда Леонидовна, Тел. 89158547467,
E-mail: bionanotex_1@mail.ru

НОВЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЕ (НАНО)МАТЕРИАЛЫ КАК ОДНА ИЗ ВОЗМОЖНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ ГМО

Н.Л.Воропаева¹, В.П.Савенков¹, Л.Д.Чеснокова¹, В.В.Карпачев¹,
О.Л.Фиговский²

1). *ФГБНУ ВНИИ папса; bionanotex_1@mail.ru*

2). *Polymate Ltd.-INRC, Migdal HaEmek, Israel; bionanotex_1@mail.ru*

Светлой памяти проф. Рубана И.Н. посвящается



XXI век является веком нанонауки и нанотехнологий, которые и определяют его лицо. Нанотехнологии, как технологический прорыв в АПК, имеют огромный потенциал, поскольку позволяют совместить экономическую эффективность и натуральные ингредиенты для решения многих вопросов сельского хозяйства. Для достижения высокой эффективности в сельскохозяйственном производстве в последние годы широко используются новые агробιονанотехнологии. В последние годы во всем мире отдается все большее предпочтение сельскохозяйственной продукции, выращенной без применения пестицидов. В практику сельского хозяйства внедряются многочисленные «безъядные» препараты, способные заменить пестициды. В растениеводстве применение (нано)препаратов, в качестве средств защиты растений и микроудобрений, обеспечивает повышение устойчивости к неблагоприятным погодным условиям и увеличение урожайности (в среднем в 1,5-2 раза) почти всех продовольственных (картофель, зерновые, масличные, овощные, плодово-ягодные), технических (хлопок, лен) и других культур. В защищенном грунте опрыскивание ими растений усиливает иммунную систему, способствует снижению заболеваемости, увеличению урожайности и получению высококачественной продукции. Эффект здесь достигается благодаря более активному проникновению биологически активных веществ, микроудобрений в растения за счет (нано)размера частиц, их особой функциональности и комплекса свойств. Поиск эффективных (нано)препаратов, способствующих повышению иммунного статуса растений, приобретает в настоящее время все большую



актуальность. В сельском же хозяйстве внедрение таких технологий предполагает повышение продовольственной безопасности страны, получение высококачественных не загрязненных химикатами продуктов питания, восстановление плодородия почв. В этом плане вполне своевременно рассмотреть возможности более активного использования технологий защиты растений, основанных на применении препаратов, созданных на основе веществ, индуцирующих защитные функции растений и способствующих «реализации наследственно закрепленных признаков живых организмов». «В мире все большее распространение находит органическое земледелие, и это не может не повышать интереса к изучению и внедрению в практику приемов возделывания сельскохозяйственных культур, исключающих или хотя бы резко снижающих загрязнение продукции и объектов окружающей среды вредными веществами, и в первую очередь пестицидами и агрохимикатами». Целью проводимых нами исследований является оценка эффективности применения новых водных нанопрепаратов «СВ» для предпосевной обработки семян и почвы в период вегетации.

Исследования по изучению эффективности применения нанопрепаратов «СВ» для предпосевной обработки семян ярового рапса (с учетом биологии культуры и погодных условий вегетации), почвы и растений в период вегетации выявили следующее. Фенологические наблюдения показали, что при посеве в опыте ярового рапса 7 мая 2015 года полные всходы отмечались 14 мая, а последующие фазы соответственно: «розетка листьев» - 10 июня, «бутонизация» - 22 июня, «цветение» - 25 июня, «зеленый



стручок» - 2 июля и «полное созревание семян» - 31 августа. Изучаемые технологии с использованием новых водных нанопрепаратов «СВ» при предпосевной обработке семян, в сочетании с биологически активными веществами (БАВами), добавлением инсекто-фунгицида Круйзер-рапса, опрыскиванием почвы за неделю до посева и перед посевом рапса достоверно увеличивали урожайность семян относительно контрольного варианта, где семена не обработаны никакими химическими средствами защиты растений. При этом прирост урожая составил в пределах 2,9 – 3,9 ц/га. Использование данных технологий открывает определенные перспективы в получении экологически чистой продукции растениеводства и в дальнейшем могут быть распространены на другие культуры.

Воропаева Надежда Леонидовна, Тел. 89158547467,
E-mail: bionanotex_1@mail.ru

АКТИВНЫЕ УГЛИ ИЗ ЕЖЕГОДНО ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ЭКОЛОГИЗАЦИИ АПК

Н.Л. Воропаева¹, В.М.Мухин², Ю.Я.Спиридонов³, А.И. Коновалова¹,
В.И. Горшков¹, Э.К.Горшкова¹, В.В. Карпачев¹

- 1). ФГБНУ ВНИИ рапса, г. Липецк, bionanotex_1@mail.ru
- 2). ОАО ЭНПО, «Неорганика», Московская обл., г. Электросталь, bionanotex_1@mail.ru
- 3). ФГБНУ ВНИИ фитопатологии, bionanotex_1@mail.ru

Светлой памяти проф. Рубана И.Н. посвящается



Экологическая безопасность сельскохозяйственного производства и качество пищевых ресурсов являются одними из основных приоритетов современности во всех странах мира, в том числе и России. Продукция с брендом «Зеленые технологии» является самой востребованной в настоящее время на «цивилизованном» рынке. Анализ, проведенный мировыми экспертами, показывает, что среди угроз национальной безопасности, связанных с состоянием окружающей среды, именно загрязнение водоемов и питьевой воды, а также общая проблема пестицизации земель и экологическая чистота продуктов питания стоят на 3 месте после радиационного загрязнения местности и разлива нефтепродуктов. 50 млн. гектаров почв сельхозугодий России, на которых выращивается продукция растениеводства (зерновые, масличные, овощные, кормовые и др.), загрязнены остатками пестицидов и продуктами их полураспада выше установленных норм. В силу своих физико-химических свойств активные угли (АУ) позволяют решать практически весь спектр задач защиты окружающей среды: атмосферы, гидросферы, литосферы и самого человека как главного объекта биосферы. Следует отметить, что удельное производство АУ (как одного из важнейших факторов экологизации) в США, Японии, Западной Европе находится на уровне 0,5 кг/чел. в год, тогда как в России в настоящее время этот показатель равен 0,02 кг/чел. в год.

В связи с вышеизложенным целью проводимых нами исследований является отработка технологии получения АУ из различных растительных сельскохозяйственных отходов (соломы) масличных капустных культур (РАУ) как одного из ежегодно



возобновляемых сырьевых ресурсов для снятия пестицидной нагрузки с экосистем и другого назначения, где применяются порошковые активные угли.

Полученные нами РАУ имеют развитый суммарный объем пор (V_{Σ}) от 2,81 до 4,0 см³/г. Сильно развитый суммарный объем пор позволяет хорошо осуществлять «допирование» таких РАУ различными химическими агентами для получения материалов со специфическими свойствами для АПК. Высокая развитость мезо- и микропор от 0,45 до 0,57 см³/г (которую выражает показатель сорбирующего объема пор W_s) у данных РАУ характеризует хорошую кинетику адсорбции и высокую адсорбционную активность при извлечении из воды и почвенных растворов различных токсикантов, в том числе канцерогенной природы и т.п. Адсорбционная способность по йоду и метиленовому голубому составила 50-56%, 64-67 мг/г соответственно. Исследование пористой структуры полученных углей путём измерения изотермы адсорбции азота при температуре -196°C (77 К), позволило рассчитать параметры микропористой структуры получаемых РАУ: объем микропор ($V_{ми}$) – 0,161-0,173 см³/г, размер микропор (полная ширина щели) - 1,50-1,57 нм, общую удельную поверхность пор ($S_{уд}$) – 454-459 м²/г, энергию адсорбции E_a - 23,6-26,2 кДж/моль. Определенные по изотерме адсорбции параметры пористой структуры РАУ соответствуют аналогичным показателям отечественных промышленных порошковых активных углей.

Таким образом, разработана технология получения новых активных порошковых углей с наноструктурной организацией из первичных отходов растительного сельскохозяйственного сырья



(РАУ), остающегося после уборки урожая, и являющегося одним из возможных потенциальных источников ежегодно возобновляемого природного сырья, для создания функциональных (нано)материалов различного назначения. Изучены физико-химические характеристики полученных РАУ и сорбционная емкость, которые позволяют их использовать для экологизации растениеводства путем проведения детоксикации почв и снятия «пестицидной нагрузки» с экосистем. В настоящее время АУ используются для снятия почвоотомления и пестицидной нагрузки в тепличных и дачных хозяйствах. Планируется их применение в фермерских хозяйствах и АПК.

Воропаева Надежда Леонидовна, Тел. 89158547467,
E-mail: bionanotex_1@mail.ru

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАСКРЫТИЯ СТРУЧКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Н.Л. Воропаева¹, Т.Г. Белоножкина¹, В.П. Савенков¹, В.В. Карпачев¹

1). ФГБНУ ВНИИ рапса, г. Липецк, bionanotex_1@mail.ru

Светлой памяти проф. Рубана И.Н. посвящается

Данная работа направлена на решение одной из важнейших проблем в технологии выращивания рапса - потери семян вследствие растрескивания стручков (максимально до 56%-60% от всего урожая). В настоящее время на российском рынке



имеются в основном зарубежные коммерческие препараты и несколько препаратов отечественного производства, которые склеивают стручки за счет пленкообразователей и предотвращают их «шелушение» (нюфилм, липосам, грипил и ряд других), являясь резервом сохранения урожая маслосемян рапса.

Растрескивание стручков - результат резкой смены дневных и ночных температур и влажности. Создание пленки предотвращает быстрое перезревание стручка и останавливает повторное насыщение стручков влагой от росы или дождя, что также задерживает сбор урожая. Зачастую применение пленкообразователей отменяет потребность в отдельной уборке, то есть в скашивании в валки. Это особенно актуально при нехватке уборочной техники и необходимости увеличения сроков уборочных работ. Ограничивающими факторами использования пленкообразующих веществ может быть высокая засоренность посевов и вторичный рост растений рапса. Обработка посевов должна быть завершена до состояния, когда подавляющее большинство стручков еще имеют зеленоватый оттенок. Тестом на срок применения пленкообразователей может служить возможность сгибания стручка пальцами в V-форму без растрескивания. Капли эластика, попадая на поверхность растений, растекаются, образуя эластичную пленку. При этом уменьшаются темпы испарения влаги, негативное влияние ультрафиолета и трение между стручками, а также развитие альтернариоза. При любом способе обработки и использовании максимальных норм препаратов окупаемость применения пленкообразователей достигается при дополнительном сборе маслосемян рапса в 1 ц/га. Учитывая ориентацию на



импортозамещение в сельскохозяйственном производстве, использование местных сырьевых ресурсов для разработки новых препаратов, и то обстоятельство, что среди масличных культур рапс занимает третье место в мире, каждая новая разработка в этом направлении исследований перспективна и имеет свой инновационный ресурс.

В разрабатываемой нами технологии используются экологически безопасные биоразлагаемые покрытия с элиситорной активностью для нанесения на поверхность стручков на основе производных природных олиго-, полисахаридов, формирующих водонерастворимые газо-, влагопроницаемые пленки с регулируемой (нано)структурной организацией, способствующие сохранности стручков растений рапса от осыпания и улучшению качества продукции. Ранее такие подходы, когда формируется наноструктурированная система прямо на поверхности стручка, при проведении подобных исследований на предлагаемых культурах (масличные капустные культуры) не применялись.

(Нано)структурированная композиция формируется путем нанесения на поверхность стручков нетоксичных водорастворимых производных природных полисахаридов или синтетических полимеров с образованием тонкой пленки, представляющей собой интерполимерные комплексы различного состава и структуры (в зависимости от природы и состава исходных компонентов) с регулируемым размером (нано)пор для сохранения энерго-, массо-, газообмена семян в стручке с окружающей средой и обеспечения оттока ассимилятов из вегетативных органов в семена. Изучены физико-химические свойства и текстурные



особенности формирующихся (нано)пленок. При этом выявлено предотвращение преждевременной растрескиваемости стручков рапса на 15-50% при обработке растений перед уборкой разработанными (нано)системами для склеивания стручков в зависимости от их состава. Положенные в основу этой работы принципы «зеленой химии» в рамках концепции «зеленой революции» позволяют осуществлять «плавный переход» к экологизации сельскохозяйственного производства и получению в перспективе экологически чистого рапсового масла, что соответствует основным мировым приоритетам необходимости получения экологически чистой продукции сельскохозяйственного производства высокого качества (так называемых «нанопродуктов») с применением современных нанотехнологических подходов.

Воропаева Надежда Леонидовна, Тел. 89158547467,
E-mail: bionanotex_1@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НАНОЧАСТИЦ НА ГОМЕОСТАЗ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОРГАНИЗМЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

И.В. Гмошинский, С.А. Хотимченко, А.А. Шумакова

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Научно-исследовательский институт питания»,
г. Москва, gmosh@ion.ru*

Искусственные наноматериалы, широко используемые в промышленности и быту, входят в число приоритетных веществ, подлежащих исследованиям и нормированию в объектах



окружающей среды и пищевых продуктах. Накопленный объём экспериментальных данных позволяет заключить, что многие из искусственных наноматериалов токсичны и могут создавать риски для здоровья при поступлении человеку по трофической цепи с сельскохозяйственной продукцией, в результате миграции из упаковочных материалов в пищевые продукты и при преднамеренном использовании в качестве пищевых добавок и БАД [1]. Это делает актуальной задачу оценки риска искусственных наноматериалов на основе характеристики их опасности и установления экспозиции (дозы) нагрузки ими на население. Общая концепция нанотоксикологии, которой руководствовались исследователи в этой области в первые годы её развития, исходила из представлений о неизменности во времени свойств наночастиц и нанообъектов в биологическом окружении (в культурах клеток, в организмах лабораторных животных). При этом основная часть эффектов нанотоксичности связывалась с вредным действием реакционноспособных форм кислорода (РСК), образующихся на межфазной границе дисперсий наноматериалов. Данная система взглядов находится в известном противоречии с термодинамической нестабильностью наноматериалов, как дисперсных систем, склонных к самопроизвольному уменьшению величины межфазной поверхности. Ввиду этого, в последние годы в нанотоксикологии намечается смена парадигмы, состоящая во всё большем внимании к процессам биотрансформации, агрегации и растворения наноматериалов в биологическом окружении с включением продуктов этих реакций в процессы обмена веществ организма. При этом, как следует из обобщения большого числа



исследований последнего времени, ведущую роль в механизмах биологического действия и токсичности искусственных наноматериалов неорганического происхождения может играть их влияние на гомеостаз эссенциальных макро- и микроэлементов, необходимых для обеспечения жизнедеятельности (кальций, магний, железо, цинк, медь, марганец, хром, селен, кобальт) и токсичных элементов (свинец, кадмий, мышьяк, ртуть, алюминий, никель и другие), что объединяется новым термином «нанометалломика» («nanometallomics») [2]. Свойства наноматериалов, как мощных эффекторов микроэлементного гомеостаза, определяются малым размером их частиц (менее 100 нм), откуда следует а) высокая способность к проникновению через мембраны и биологические барьеры, включая гематоэнцефалический, кишечный и фетоплацентарный барьер; б) зависящая от диаметра частиц растворимость и реакционная способность веществ в наноформе, часто отсутствующая или пренебрежимо малая у их химических аналогов в макроформе; в) способность наночастиц к взаимодействию с микроэлементами за счёт адсорбции/десорбции, образования вторичных смешанных наночастиц, влияния на экспрессию генов и биосинтез белков, отвечающих за ключевые стадии микроэлементного обмена.

В докладе будет представлен анализ имеющихся данных научной литературы и результатов собственных экспериментальных исследований по влиянию наиболее важных в практическом отношении видов искусственных наночастиц (наночастицы диоксида титана, диоксида кремния, оксида алюминия, металлического серебра) на бионакопление и биомаркеры токсичности свинца и



кадмия, а также на показатели, характеризующие гомеостаз ряда эссенциальных микроэлементов, в частности селена, в организме лабораторных животных, экспонируемых указанными видами наночастиц при естественном (пероральном) пути поступления.

[1] Онищенко Г.Г., Тутельян В.А., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Развитие системы оценки безопасности и контроля наноматериалов и нанотехнологий в Российской Федерации// Гигиена и санитария.- 2013.- N 1.- С.4-11

[2] Benetti F., Bregoli L., Olivato I., Sabbioni E. Effects of metal(loid)-based nanomaterials on essential element homeostasis: the central role of nanometallomics for nanotoxicology// Metallomics.- 2014.- Vol.6, No.4.- P.729-747. DOI:10.1039/c3mt00167a

Гмошинский Иван Всеволодович, д.б.н., Тел.: (495) 698-53-71
E-mail: gmosh@ion.ru



**НАНОДИСПЕРСНЫЕ ФРАКЦИИ В ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ РИСКА
ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДИОАКТИВНОГО РАДОНА НА ЗДОРОВЬЕ
ЧЕЛОВЕКА**

В.Ф.Демин¹, М.В.Жуковский², С.М.Киселев³

1) НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва, vfdemin_kiae@mail.ru

2) Ин-т промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург,
michael@ecko.uran.ru

3) ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, г. Москва,
sergbio@gmail.com

Термин «безопасность нанотехнологии и использования наноматериалов» появился и стал широко использоваться с конца прошлого века вместе с развитием нанотехнологии и использования ее продукции в разных областях жизни и деятельности человека. Вместе с тем с самого начала было ясно, что как наночастицы, так и нанодисперсные фракции (НДФ) природного и техногенного происхождения, были и остаются одним из факторов воздействия на здоровье человека. Они, в частности, присутствуют в атмосферных выбросах предприятий энергетики, других отраслей промышленности и транспорта.

Использовался и продолжает использоваться термин «субмикронные взвешенные частицы» - частицы размером менее 1 мкм. В них содержатся и НДФ ($\leq 0,1$ мкм). Среди всего набора взвешенных частиц размером меньше 10 мкм именно субмикронные частицы формируют основной фактор воздействия на здоровье человека, связанный с загрязнением окружающей среды.



Как показали экспериментальные исследования [1], к этой же группе субмикронных частиц относятся и аэрозоли, поступающие в легкие человека вместе с вдыхаемым воздухом, и содержащие дочерние продукты распада (ДПР) радиоактивного радона ^{222}Rn , присутствующего в атмосфере: ^{218}Po , ^{214}Pb и ^{214}Bi . Исследовалось распределение размера аэрозольных частиц, несущих на себе продукты распада радона, в диапазоне от 0,1 до 10 нм. В эксперименте было установлено 3 вида аэрозолей с медианным диаметром соответственно 0,3, 1,5 и 5 нм. Был определен механизм формирования и состав этих трех видов аэрозолей [1].

Давно уже установлено, что радиоактивный газ радон и его ДПР определяют большую часть радиационного облучения населения. В связи с этим ряд национальных и международных организаций уделяют особое внимание проблемам оценки воздействия радона на здоровье населения и разработке рекомендаций по мерам защиты. В России в 90-ые годы прошлого века выполнялась ФЦП «Радон». Позже НИР по радоновой проблеме стали выполняться в ФЦП «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности».

Авторы проводят НИР по разработке методов оценки воздействия радона и риска от него для здоровья человека. В рамках этих НИР разработан проект методики оценки риска от воздействия радона. Проведены расчеты риска для ряда территорий РФ с разным уровнем доз облучения от радона и его ДПР [2]. Пример такого расчета риска в терминах пожизненного смерти R от рака для территории с относительно высоким уровнем



радона в жилых домах (150 Бк/м^3) приведен в Таблице (с исходными медико - демографическими данными 2013 г. Забайкальской области).

Вид рака	Пол	R, %		
		Все население	Некурящие	Курящие
Радиогенный рак легких (от радона)	муж.	3,9 (ДИ: 2,1 – 5,4)	0,53	7,20
	жен.	0,45 (ДИ: 0,2 – 0,7)	0,08	0,83
Спонтанный рак:				
все раки	муж.	23	14,0	22
	жен.	16	11,6	13,2
рак легких	муж.	9,0	1,2	16,7
	жен.	1,4	0,22	2,6

Результаты расчета свидетельствуют о том, что в ряде мест повышенное содержание радона в жилых помещениях может приводить к значительному увеличению риска смерти от рака легких. Из приведенного примера и из других данных также видно, что риск рака легких сильно зависит от статуса табакокурения.

В оценке риска всюду используется экспозиционная доза. Результаты исследовательской работы [1] свидетельствуют о том, что в оценке доз необходимо перейти от экспозиционной к поглощенной дозе. Есть также необходимость дополнительного



совершенствования методики оценки риска. В частности, методика должна учитывать, что в спонтанном риске смерти от рака легких уже присутствуют эффекты от воздействия радона. Это не делается до сих пор в оценке риска.

1. Michael Zhukovsky, Marina Rogozina and Anna Suponkina. SIZE DISTRIBUTION OF RADON DECAY PRODUCTS IN THE RANGE 0.1–10 NM // Radiation Protection Dosimetry (2014), V. 160, No 1-3, pp. 192–195.

2. Демин В.Ф., Жуковский М.В., Киселев С.М. Риск от воздействия радона на здоровье человека: методы оценки и практическое применение // Атомная энергия, 2015, т. 118, вып. 1, С. 42 – 46.



**«ЗЕЛЕНАЯ» ХИМИЯ СИНТЕЗА НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ И
ИНЖЕНЕРИЯ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ (ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ
МЕДИЦИНА)**

Г.Е. Кричевский¹, Н.Д. Олтаржевская²

1). *Московский государственный университет технологии и управления им. К.Г. Разумовского;*

2). *ООО «Колетекс»*

Две динамически развивающихся областей знаний и практик (нанотехнологии и инженерия живых тканей) переживают бурное развитие, проходят очередные фазы и взаимообогащают друг друга.

Нанотехнология, пройдя стадию эйфорического подъема, без должного учета негативного влияния наночастиц на окружающую среду и здоровье человека, пришла к необходимости все нанотехнологии, ее продукты (наночастицы, нанообъекты) рассматривать с точки зрения их токсичности, дружелюбности по отношению к природе и человеку.

Одно из самых прогрессивных направлений медицины (восстановительной), способной в значительной мере заменить хирургию и имплантацию органов, взяла на вооружение достижения нанотехнологии (новое поколение полимеров, ренессанс природных полимеров, использование гидрогелей с включением наночастиц металлов (серебра, золота, меди и др.)). Особое место в современной нанотехнологии занимает разработка новых биотехнологических методов получения наночастиц металлов



(серебро, золото, медь и др.). Эти методы имеют ряд преимуществ перед традиционными химическими (восстановление) и физическими («сверху вниз», «снизу вверх»): нетоксичность, простота, возможность контроля за размерами, морфологией наночастиц, воспроизводимость растительного восстановительного сырья, стабильность размеров наночастиц.

В качестве природных растительных восстановителей могут быть использованы практически все растения (их различные части – листья, почки, цветы, корни, кора). Это обусловлено тем, что во всех частях различных видов растений, в их периферийной части содержатся органические вещества (красители, танины, флавоноиды и др.) по химическому строению и химическим свойствам являются redox-системами и созданы природой для защиты растений от патогенных микроорганизмов.

«Зеленый» синтез наночастиц металлов проводят используя экстракты природных redox-систем для восстановления ионов металлов и формирования их устойчивых дисперсий наночастиц.

Нами разрабатываются эффективные композиции наночастиц серебра, синтезированных по «зеленой, фитнес» - технологии (AgNPs) в гидрогелях природных полисахаридов: альгинаты, хитозан, гиалуронаты и др. (тоже «зеленая» химия, дружественная природе).

Полученные успешные композиции AgNPs в гидрогелях природных полисахаридов успешно нами совместно с ведущими медиками РФ использованы в различных областях медицинской практики: медицина восстановления, лечение ран и ожогов,



онкология, общая и сердечная хирургия, гинекология, проктология, урология.

Комплекс наших работ в этом направлении получил в 2013 г. премию Правительства РФ в области науки и техники. Продолжаются дальнейшие исследования и практическое применение разработанных нами лечебных депо-материалов для медицины восстановления.

Герман Евсеевич Кричевский, д. х. н., профессор, Тел. 8-910-415-08-50
E-mail: gek20003@gmail.com

НАНОЭМУЛЬСИИ, СТАБИЛИЗИРОВАННЫЕ TWEEN 60 И SPAN 60, С ИНКАПСУЛИРОВАННЫМИ ЛЕКАРСТВЕННЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Т.Ю. Наговицына, М.Ю. Королева, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им. Д.И.

Менделеева, г. Москва, nagovitsina.t@yandex.ru, m.yu.kor@gmail.com

Наноэмульсии могут быть использованы в фармацевтической промышленности как средства для направленной доставки лекарственных веществ в организм человека. Размер капель дисперсной фазы в наноэмульсиях не превышает 100 нм. Благодаря этому при трансдермальном способе доставки лекарственные вещества быстро проникают через эпидермис.

В работе исследовалось влияние инкапсулированных лекарственных веществ с низкой полярностью: (+)- α -токоферола, куркумина, нимесулида, гидрокортизона на дисперсность



наноземulsionей. Прямые наноземulsionей, состоящие из углеводородного масла, смеси Tween 60 + Span 60 и 0,17 М водного раствора NaCl были получены методом температурной инверсии фаз. Суммарная концентрация ПАВ составила 12,5 об.%, концентрация дисперсной фазы - 25 об.%. Мольное соотношение Tween 60 / Span 60 было равно 0,76. Лекарственные вещества растворяли в углеводородном масле до получения наноземulsionей, их концентрация составляла 1 мас.% от содержания углеводородного масла.

Диаметры капель дисперсной фазы в наноземulsionей приведены в таблице 1. Средний диаметр капель в наноземulsionей, не содержащих лекарственные вещества, был равен 30 ± 5 нм. При инкапсулировании (+)- α -токоферола, куркумина, нимесулида или гидрокортизона диаметр варьировался от 29 до 33 нм. Следовательно, инкапсулирование лекарственных веществ практически не влияло на дисперсность исследованных наноземulsionей.

На рис. 1. представлено распределение капель дисперсной фазы по размерам для наноземulsionей с инкапсулированным (+)- α -токоферолом. На распределении капель по размерам присутствовал только один пик, соответствовавший одиночным каплям дисперсной фазы. Для наноземulsionей с другими лекарственными веществами гистограммы были аналогичными.

Таблица 1. Размеры капель дисперсной фазы в наноземulsionей



Лекарственное вещество	Средний диаметр дисперсной фазы, нм
-	30 ± 5
(+)- α -Токоферол	29 ± 5
Куркумин	33 ± 5
Нимесулид	31 ± 5
Гидрокортизон	29 ± 5

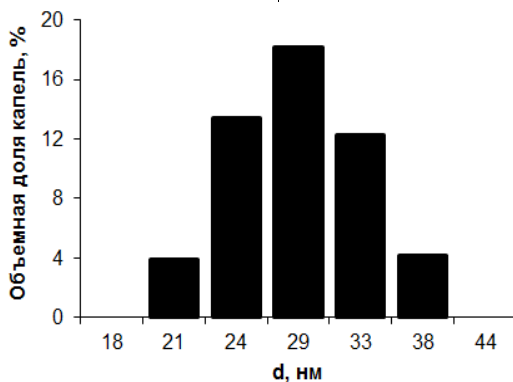


Рис. 1. Распределение капель по размерам в наноэмульсии, стабилизированной Tween 60 + Span 60, с токоферолом

Таким образом, инкапсулирование лекарственных веществ не повлияло на средний диаметр капель дисперсной фазы в наноэмульсиях, стабилизированных Tween 60 и Span 60.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части госзадания № 2015/171 и проекта № 16.962.2014.

Наговицына Татьяна Юрьевна, аспирант, Тел.: (916) 734-23-60
E-mail: nagovitsina.t@yandex.ru



**ДЕФОРМАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И
ФОРМИРОВАНИЕ НАНОСТРУКТУР В ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ
СУБСТАНЦИЯХ НА ОСНОВЕ МОНОГИДРАТА ГЛЮКОНАТА
КАЛЬЦИЯ**

Д.С. Рыбин¹, Г.Н. Коньгин¹, В.Е. Порсев¹, Е.П. Елсуков¹, Д.Р. Шарафутдинова², И.П. Арсентьева³, В.В. Болдырев⁴

- 1). ФТИ УрО РАН, г. Ижевск, dsrybin@ftiudm.ru
- 2). ИОФХ им. А.Е. Арбузова, КазНЦ РАН, г. Казань, drsh@iopc.ru
- 3). МГОУ, г. Москва, arsentyeva_i@mail.ru
- 4). ИХТТМ СО РАН, г. Новосибирск, boldyrev@solid.nsc.ru

Нанодисперсные образцы глюконата кальция были приготовлены под воздействием ударно-сдвиговых нагрузок в энергонапряженных (10 Вт/г) шаровых планетарных мельницах.

В процессе комплексного изучения впервые обнаружена иерархия взаимообусловленных структурных превращений, а именно: деформационно-индуцированная стереоизомеризация молекул и распад кристаллогидрата, образование надмолекулярных комплексов продуктов распада, формирование низкоразмерных структур, образование нанодисперсной аморфной фазы. Установлена взаимосвязь между деформационно-индуцированными молекулярными превращениями, распадом кристаллогидрата и формированием низкоразмерных структур.

Показано, что распад кристаллогидрата происходит не по причине локального термического нагрева, а в результате вызванной механической нагрузкой стереоизомеризации молекул моногидрата глюконата кальция.



Установлено, что координационная вода, стабилизирующая кристаллическую решетку посредством образования межмолекулярных и межплоскостных водородных связей, уходит из первой координационной сферы иона металла. Ее удаление приводит к разрыву межплоскостных связей и облегчает возможность расщепления кристаллов вдоль плоскостей скольжения. Полученные структуры характеризуются диффузным рассеянием когерентного рентгеновского излучения и электронов.

Обнаружена уникальная биологическая активность и терапевтическая эффективность механоактивированного глюконата кальция при лечении болезней, связанных с нарушением обмена кальция, таких как остеопороз, сложные переломы, болезни пародонта и др.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-03-01131-а

Рыбин Дмитрий Станиславович, к.ф.-м.н., с.н.с., Тел.: (3412) 72-87-75
E-mail: dsrybin@ftiudm.ru

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ТОЧЕК (БАТ) НА КОЖЕ ЧЕЛОВЕКА В БАРЬЕРНОМ РАЗРЯДЕ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Д.В. Ситанов

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», г. Иваново, sitanov@isuct.ru

В настоящее время важным условием успешного развития наукоемких технологий является требование междисциплинарности



и практического использования достижений, достигнутых в различных областях знаний, при создании новых технологий. Например, значительные успехи плазмохимии в области спектроскопии, могут быть использованы в биотехнологии и медицине при разработке экспресс методов диагностики различных видов функциональных расстройств в биологических системах и живых организмах. Основное отличие холодной плазмы от других типов газовых разрядов, это низкая температура нейтральной компоненты, близкая к температуре биологических структур. Это обстоятельство позволяет применять данный тип газового разряда к живым объектам, не опасаясь возникновения на их поверхности температурной нестабильности и как следствие, термической деструкции.

В данной работе предлагается простой, но, тем не менее, эффективный метод визуализации БАТ с использованием поверхностного барьерного разряда (ПБР) в воздухе, локализуемого в непосредственной близости от кожных покровов человека. Важно отметить, что специфика холодной плазмы, использованной нами с целью точной локализации БАТ на коже человека, связана, в основном, с ионизацией частиц воздуха, посредством тлеющего разряда, переход которого в дуговой разряд не возможен, ввиду специфики использованных нами технических средств. Важным аспектом при изучении возможности плазменной визуализации БАТ является относительная обособленность распространения электрических сигналов в проводящей среде (в живом организме). И дело здесь не только в наличии специфических тканей (кровеносных сосудов, нервных волокон и т.д.), но и в принципах частотного



разделения сигналов, позволяющие объяснить причину отсутствия замыканий (закорачивания) отдельных электрических импульсов между собой. Так было показано, что сигналы в различных каналах (меридианах) оказываются сдвинутыми друг относительно друга по фазе.

С целью визуализации БАТ использовался специально спроектированный планарный зонд (рис. 1), работающий от высоковольтного источника питания, и реализующего в непосредственной близости кожных покровов диэлектрический барьерный разряд при атмосферном давлении в воздухе. С физической точки зрения БАТ на поверхности кожи человека можно рассматривать как точечный дефект, для которого будет характерно неравномерное распределение электрического поля в пределах газового разряда за счет существенно отличающегося уровня сопротивления по сравнению с общим (интегральным) уровнем сопротивления кожи. Причем, эти соотношения остаются неизменными для различного уровня увлажнения кожных покровов.

БАТ на коже человека проявляются в виде более ярких плазменных образований, приходящихся на участки с явно отличающимся градиентом электропроводности, на фоне равномерного голубого свечения плазмы воздуха (рис. 2). Стоит отметить, что в общем случае могут визуализироваться одновременно с БАТ и кожные складки, рубцы от старых ран и т.д. В отличие от биологических активных точек кожные складки и механические повреждения на поверхности кожных покровов видны и без использования специальных средств визуализации и могут без труда быть исключены из рассмотрения.

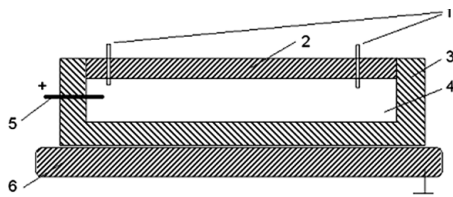


Рис. 1. Конструкция планарного зонда:

1- капилляры для ввода дистиллированной воды; 2 – прозрачное стекло; 3 – корпус, выполненный из полиметилметакрилата; 4 – жидкий электрод; 5 – контакт жидкого электрода; 6 – условно показанный объект исследования.

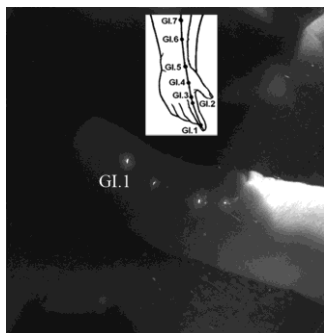


Рис. 2. Визуализация точки GI.1 в диэлектрическом барьерном разряде на указательном пальце.

Ситанов Дмитрий Вячеславович, доцент, Тел.: +79206714491
E-mail: sitanov@isuct.ru



**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ
ОЦЕНКИ БИОКИНЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАНОЧАСТИЦ
СЕРЕБРА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА КРЫСАХ-САМЦАХ ЛИНИИ
ВИСТАР***

В.Ю.Соловьев¹, В.А.Демин^{1,2}, В.Ф.Демин^{1,2}, С.С.Фатькина¹

- 1). *ФГБУ ГНЦ Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна ФМБА России, г. Москва, soloviev.fmbc@gmail.com*
- 2). *Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, vfdemin_kiae@mail.ru*

Серебро в ультра- и нанодисперсной форме уже сейчас широко используется в различных областях: текстильной промышленности, медицине и др. Однако, в научном сообществе нет единого мнения о степени потенциальной опасности для здоровья человека наночастиц серебра (AgНЧ). Так, известно, что AgНЧ могут преодолевать биологические барьеры и, в частности, гематоэнцефалический барьер. Изучение этого вопроса в экспериментах на лабораторных животных, было проведено нами с использованием ядерно-физических методов, основное достоинство которых заключается в практическом отсутствии пробоподготовки и неразрушении исследуемого образца.

Использовались две разновидности метода: нейтронно-активационный анализ (НАА) в традиционном смысле и



метод радиоактивных индикаторов (РИ), в котором облучению в потоке тепловых нейтронов подвергались суспензии наночастиц перед использованием в биологическом эксперименте. Этот метод имеет существенное преимущество перед НАА, т.к. измеряется лишь активность изотопа-метки и нет «мешающих» гамма-линий в спектре, возникающих в результате активации потоком тепловых нейтронов ядер других химических элементов, находящихся в составе биологического образца.

Эксперименты проведены с двумя видами суспензии AgНЧ квазисферической формы: 9 ± 2 нм и 94 ± 10 нм (концентрация 1 мг/мл, производство фирмы Nanocompositix, Канада). В качестве лабораторных животных были использованы крысы-самцы линии Вистар весом 220 г. Во время проведения эксперимента крысы содержались в стандартных условиях со стандартным рационом кормления.

Эксперимент с мечеными AgНЧ проводился по технологии РИ для внутривенного введения (в хвостовую вену, AgНЧ диаметром 9 и 94 нм), а также для AgНЧ диаметром 94 нм для внутрижелудочного и внутритрахеального введения. Введение суспензий AgНЧ крысам производилось с использованием стандартной процедуры квалифицированным персоналом. Объем



вводимой суспензии составлял величину 0,2 мл. Взятие органов осуществлялось через 24 ч после введения (для всех видов введения) и через 120 ч для внутривенного введения. Исследовалось относительное содержание радиоактивных меток ^{110m}Ag в образцах крови и образцах головного мозга, а также изотопа ^{59}Fe , наведенного нейтронным потоком на ядрах атомов железа, содержащегося, в основном, в гемоглобине крови, при повторном исследовании образцов методом НАА.

Подготовленные для облучения суспензии AgHCl герметично запаивались в ампулы из кварцевого стекла высокой чистоты и производилась их экспозиция в потоке тепловых нейтронов интенсивностью $3 \cdot 10^{12}$ н/см²сек исследовательского ядерного реактора ИР-8 НИЦ «Курчатовский институт» в течение 6 ч и последующей выдержкой в течение 10 суток. При выбранных условиях облучения и выдержки доля радиоактивных атомов ^{110m}Ag в образцах HCl серебра составила $3 \cdot 10^{-6}$, что не могло повлиять на общие физико-химические и биологические свойства исследуемых AgHCl .

Усредненное по всем измеренным образцам отношение активности изотопа ^{59}Fe в пробах головного мозга к активности этого изотопа в 1 г крови оказалось равным $0,058 \pm 0,010$. Это отношение



по физическому смыслу соответствует массе остаточной крови, находящейся в капиллярах головного мозга, т.е 0,058 г. На эту величину была сделана поправка при оценке содержания AgНЧ в структурах головного мозга по изотопу-метке ^{110m}Ag за вычетом их содержания в капиллярах остаточной крови.

Измеренное отношение количества AgНЧ, содержащихся в структурах головного мозга к их содержанию в 1 г периферической крови на момент взятия органов с учетом указанной выше поправки, составляет в среднем $0,43 \pm 0,12$ и мало зависит от размеров НЧ и способа их введения. Эта величина может характеризовать долю AgНЧ, преодолевающих гематоэнцефалический барьер из кровеносного русла.

Соловьев Владимир Юрьевич, д.б.н., к.т.н., Тел.: 8(916) 332-34-15
E-mail: soloviev.fmbc@gmail.com

* Прикладные научные исследования проводятся при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России (RFMEFI60414X0114).



**МИКРОЭМУЛЬСИИ И ЛИОТРОПНЫЕ ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ
ЛЕЦИТИНА ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Е.С. Трофимова, М.Ю. Костюченко, Н.М. Мурашова, Е.В. Юртов

Российский химико-технологический университет им.

Д.И. Менделеева, г. Москва, natur_home@mail.ru

Лецитин является наиболее известным из природных поверхностно-активных веществ (ПАВ). Он широко распространен в живой природе, так как является одним из основных структурных компонентов биологических мембран.

Самоорганизующиеся наноструктуры, образованные лецитином и другими фосфолипидами - лецитиновые органогели, микроэмульсии и лиотропные жидкие кристаллы могут использоваться в качестве носителей для трансдермальной доставки лекарственных веществ. В отличие от липосом, эти наноструктуры являются термодинамически стабильными (лиофильными коллоидными системами), они образуются самопроизвольно при смешивании необходимых компонентов и при неизменном составе и температуре могут существовать неограниченно долго. Следствием термодинамической стабильности являются достоинства этих носителей с точки зрения технологии - простые методы получения, зависимость свойств только от состава системы и их независимость от условий смешивания компонентов, возможность длительных сроков хранения [1].



Микроэмульсии – термодинамически устойчивые изотропные дисперсии масла и воды, содержащие капли нанометрового размера, стабилизированные поверхностно-активным веществом (веществами). Микроэмульсии могут применяться в таких областях как нефтедобыча, гидрофобизация поверхностей в строительстве, темплатный синтез наночастиц, разделение веществ в аналитической химии, жидкостная и мембранная экстракция, микроэмульсионная полимеризация, как среды для ферментативных реакций.

В системах лецитин – масло – вода, т.е. в отсутствии соПАВ, лецитин не образует микроэмульсии. Для тройных систем лецитин – алифатический углеводородный растворитель – вода характерно образование других наноструктур – лиотропных жидких кристаллов и лецитиновых органогелей.

Лиотропные жидкие кристаллы лецитина существуют в бинарных системах лецитин - полярный растворитель и в тройных системах лецитин - вода - масло в области высоких концентраций фосфолипида и средних концентраций воды и масла. Среди жидкокристаллических фаз в системах лецитин-вода и лецитин – вода – масло при невысоких температурах преобладает ламеллярная фаза (L_α). Поскольку жидкие кристаллы обладают высокой вязкостью, на их основе можно создавать лекарственные препараты пролонгированного действия. Например, в качестве основы для медицинских средств предлагались ламеллярные жидкие кристаллы в системе лецитин - вазелиновое масло - вода [2].



В ходе работы были получены жидкие кристаллы в системе лецитин – жирное растительное масло – эфирное растительное масло – вода и микроэмульсионная система, содержащая лецитин, вазелиновое масло, жирное растительное масло, эфирное масло и олеиновую кислоту в качестве соПАВ, и определена их область существования в широком диапазоне концентраций компонентов. Структура жидких кристаллов была исследована методом поляризационной микроскопии. Была изучена сольбилизационная емкость микроэмульсии по воде при различном содержании компонентов органической фазы и определен оптимальный состав микроэмульсии. По своей структуре микроэмульсия является обратной («вода в масле»). Гидродинамический диаметр каплей микроэмульсии был определен методом динамического светорассеяния с помощью анализатора размера частиц ZetasizerNano ZS (Malvern, Великобритания). Полученные данные позволяют предложить наноструктурированные составы для медицины и косметики на основе микроэмульсии и лиотропных жидких кристаллов лецитина.

Литература

1. Мурашова Н.М., Юртов Е.В. Лецитиновые органогели как перспективные функциональные наноматериалы // Российские нанотехнологии, 2015. Т.10. №7-8.С.5-14

2. Юртов Е.В., Мурашова Н.М., Кузнецова Е.А. Фосфолипидная композиция. Патент RU № 2448731 (Россия) от 08.07.2010. Оpubл. 27.04.2012, Бюл. № 12.

Трофимова Екатерина Сергеевна, аспирантка, Тел. (495)495-21-16
E-mail: kat15ka@mail.ru



**Организация науки и образования в сфере
нанотехнологий**

**ПРАКТИКА ПРЕПОДАВАНИЯ И МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ
КУРСА «НАНОМАТЕРИАЛЫ»**

И.П. Арсентьева¹, Е.С. Афанасенкова², Е.А. Сухарева³

- 1). Нанотехнологическое общество России, г. Москва,
arsentyeva_i@mail.ru*
- 2). Институт энергетических проблем химической физики им.
В.Л. Тальрозе РАН, г. Москва, e-l-k-a74@mail.ru*
- 3). Московский государственный машиностроительный
университет, г. Москва, latelena@gmail.com*

Более чем 45 летний педагогический опыт преподавания профессора, доктора ф-м наук, И.П. Арсентьевой и многолетний соавтров данной работы, практически всех материаловедческих дисциплин, включая более чем 10 летнее чтение курса «Наноматериалы» (НМ), а также выпуска аспирантов и многочисленных дипломников по этой тематике, начиная с 1980 года, позволяет заключить, что этот курс является междисциплинарным. Так вне зависимости от назначения наноматериалов (НМ), технического или медико-биологического, для нужд электроники и .т.д., курс «НМ», всегда включает в себя четыре основных раздела: 1. Нанопорошки (НП); 2. объемные НМ, полученные интенсивной пластической деформацией (ОБНМ ИПД); 3. Объемные материалы, полученные кристаллизацией из



аморфного состояния; 4. Углеродные трубки, фуллерены, графен и т.д. При этом во всех разделах указывается : методы получения НМ, особенности строения и свойств, области применения.

В чем же заключается междисциплинарность курса «НМ»? Так в разделе (1) «НП» помимо методов получения даются многочисленные методы их компактирования, порой специфического. В этой связи студенты должны владеть знаниями классической порошковой металлургии (ПМ), и знать, что такое текучесть, насыпная плотность, уплотняемость порошков, прочность прессовки, прессование, спекание, механизмы массопереноса при спекании, процессы пластической деформации, рекристаллизации порошковых и классических материалов и т.д. При этом преподаватель должен все время проводить сравнительный анализ структуры и свойств нано- и классических материалов. Так для объяснения повышенных, а порой уникальных свойств НМ студентам следует отметить особенности их строения. Как известно, бытие определяет сознание, или наоборот, но структура – всегда свойства материалов. Так уменьшение температур плавления, фазовых переходов, мартенситных превращений, восстановления и диссоциаций оксидных фаз, снижения температур спекания и рекристаллизации, изменение типа кристаллической решетки в наночастицах (НЧ), межплоскостных расстояний и межугловых соотношений между плоскостями все объясняется особенностями наноструктурного состояния.

В этой связи, либо как часть, либо как отдельный курс , должен читаться раздел « Методы нанодиагностики НМ», который позволяет установить основные аттестационные характеристики НМ



: средний размер НЧ, нанофаз, нанозерен и т.д., и характер распределения их по размерам, особенности наноструктуры, формы и рельефа НЧ; фазового состава и распределения нанофаз в НМ.

Так как НМ представляют собой объекты нанометрового масштаба, то их аттестацию следует проводить соответствующими взаимодополняющими методами нанодиагностики, а именно: Просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), включая высокоразрешающую электронную микроскопию (ВРЭМ), высокоразрешающей растровой электронной микроскопии (РЭМ), рентгеноструктурного анализа (РСА), сканирующей зондовой электронной микроскопии (СЗМ), атомно-силовой (АСМ) и туннельной (СТМ).

Зная принципы работы этих приборов, способы приготовления нанообъектов и расшифровки полученных результатов, студентам будет легко ставить задачи научных исследований и объяснений наноструктуры и полученных свойств разработанных НМ. Следует отметить, что в противовес А.Б.Чубайсу и Г.О. Грефу, российские ученые обладают огромным количеством разработок в области НМ и НТ. Осталось за малым, их внедрить, но для этих целей следует привлекать выпускников по специальностям «Маркетинг и менеджмент», и для продвижения на рынок Российской нанопродукции.

В заключении следует отметить, что курс «Наноматериалы» является междисциплинарным и, весьма сложным, т.к. должен включать в себя многие разделы из смежных дисциплин. В этой



связи преподаватель должен обладать обширными междисциплинарными знаниями.

Арсентьева Ирина Петровна, профессор, Тел.: (968) 979-77-07
E-mail: arsentyeva_i@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ОБУЧАЮЩЕГО КОНТЕНТА В ОБРАЗОВАНИИ В СФЕРЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Е.В. Резчикова, В.А. Шахнов, Л.А. Зинченко, В.А. Верстов

МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва, rezc-elena@yandex.ru

Структурно-логические схемы хорошо себя зарекомендовали как дидактический инструмент при изучении нанотехнологий [1]. Достоинством такого инструмента наряду с иерархической организацией информации является возможность дополнить его иллюстрациями, например, эскизами, микрофотографиями, сканами. Иллюстрации формируют визуальный образ изучаемого нанотехнологического объекта. Однако опыт преподавания дисциплин, связанных с нанотехнологиями, показал, что статический обучающий контент недостаточно наглядно может отразить процессы, важные для восприятия нанотехнологий, что затрудняет формирование правильной картины, связанной с пониманием сути нанотехнологий. Более наглядными являются динамичные обучающие контент. К ним относятся видеоролики на основе фото и видеосъемок, дополненные комментариями в виде титров и дикторского текста.



Проектирование динамичного обучающего материала для обучения в сфере нанотехнологий, как показала практика кафедры ИУ4 МГТУ им. Н.Э. Баумана, имеет определенную специфику. Она заключается в том, что необходимо сформировать, установить и показать причинно-следственную связь между объектами и операциями, которые воспринимаются органами чувств человека непосредственно (сенсорно) и техническими объектами наномира, которые можно воспринять только косвенно, через объекты - «посредники». В этой ситуации адекватность образа изучаемого нанотехнологического объекта зависит, во-первых, от информационной полноты «посредника», а во вторых, от его возможности эффективно использовать сенсорные ресурсы обучаемых. Часто на иллюстрациях, особенно сделанных с большим увеличением, например, сканов, можно видеть по краям шкалу масштабирования. Только специалисты могут с ее помощью представить себе истинный размер структуры такого образца. Для большей части учащихся это недоступно из-за отсутствия наглядности. Они воспринимают такие фотоизображения, например, как реальный горный ландшафт, и не связывают его с изучаемой темой.

В докладе рассматриваются два сценария для создания видеороликов. В первом сценарии необходимо на первом этапе показать реальные объекты, связанные с изучаемой темой, например, фрагменты микроэлектронного оборудования, подложки и заготовки материалов для микросхем. Затем следует переход на уменьшение объектов путем последовательной смены кадров. После этого можно показывать нанообъекты при любом



необходимом увеличении. Это могут быть как реальные фотографии, сканы, так и рисунки (эскизы, модели) объекта или операции, которые в принципе невозможно увидеть, а можно оценить количественно, например, по изменениям в окружающей среде. Во втором сценарии следует на первом этапе представить нанообъекты с как угодно большим увеличением, например, изображение углеродной нанотрубки, затем следует переход на увеличение объектов также путем последовательной смены кадров. После этого следует показать истинные размеры изучаемого объекта путем сопоставления с окружающими предметами, связанными с изучаемой технологией. Изучая измерительные процедуры, возможно также показать микрофото зонда для сканирования образцов, затем микрофото его заточки, после чего фото оборудования в реальном размере.

В докладе также рассматривается применение в обучающих роликах видео-гида, например, маленького человечка. Показывается, что для раскрытия сложных тем нанотехнологий может принести большую пользу применение метода маленьких человечков [2]. В его основе лежит эмпатия (образное представление изучаемого технического объекта в виде набора маленьких живых существ с любыми необходимыми свойствами).

Обсуждается, что динамичный обучающий контент также можно использовать в рамках современных педагогических технологий, например, BYOD [3].

Работа подготовлена при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-06-00404 а.



1. Shakhnov V., Zinchenko L., Rezhikova E. Cognitive Learning Environment for Nanoinformatics. Recent Advances in Information Science, 2013. pp. 260-266.
2. Ревенков А.В., Резчикова Е.В. Теория и практика решения технических задач. – М.: ФОРУМ, 2008.
3. Shakhnov V., Zinchenko L., Rezhikova E., Glushko A. An Opportunity in Engineering Education: Russian BYOD Tendencies. Proc. 2015 Int. Conference ICL'15, pp. 299-304.

Резчикова Елена Викентьевна, к.т.н., доцент, Тел. +7 (910) 428-37-59
E-mail: rezc-elena@yandex.ru

ОПЫТ СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Н.В.Семакина

*ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск,
nadezhda_semakina@mail.ru*

Одним из факторов развития нанотехнологий в Российской Федерации является значительное улучшение кадрового обеспечения организаций и предприятий, разрабатывающих и использующих нанотехнологии. Качество производимой продукции, а также уровень научных исследований в этой междисциплинарной области определяются квалификацией кадров.

С 1 июля 2015 года на базе Института дополнительного профессионального образования Ижевского государственного



технического университета имени М.Т. Калашникова проводится работа по реализации проекта Фонда инфраструктурных и образовательных программ РОСНАНО «Разработка образовательной программы профессиональной переподготовки специалистов в области проектирования и контроля качества накопителей энергии на основе наноструктурированных материалов». Предприятием-заказчиком выступил ОАО «Элеконд» (г. Сарapul).

Программа профессиональной переподготовки разработана для обучения инженеров по следующим направлениям: руководители подразделений разработчиков накопителей энергии на основе наноструктурированных материалов; инженеры-разработчики накопителей энергии на основе наноструктурированных материалов; инженеры-разработчики и инженеры-технологи средств автоматизации процессов изготовления накопителей энергии на основе наноструктурированных материалов.

Работа по разработке программы проводилась по следующим этапам:

1. Установление квалификационных дефицитов специалистов, направляемых на обучение, планируемых образовательных результатов;
2. Разработка базовых элементов образовательной программы;
3. Разработка оценочных средств и учебных материалов;
4. Проведение апробации (в процессе пилотной реализации программы).



В разработке программы приняли участие ведущие ученые ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, квалифицированные специалисты и представители заказчика, а так же ведущие российские и зарубежные ученые из профильных организаций.

Программа имеет модульный принцип построения. Состоит из трех модулей: базового, предназначенного для специалистов всех категорий, и двух специализированных. Кроме того, программа предусматривает производственную практику, реализуемую на базе Физико-технического института УрО РАН (г. Ижевск).

В соответствии с требованиями ФИОП РОСНАНО разработка и реализация базового модуля программы происходит в дистанционном режиме (формате e-learning).

Базовый модуль (электронный учебный курс, далее – ЭУК) «Физико-химические основы нанотехнологий и наноструктурированных материалов и их применение в производстве накопителей энергии на основе наноструктурированных материалов» состоит из пяти разделов: 1) Основы нанотехнологий; 2) Наноструктурированные материалы и их физико-химические свойства; 3) Основы электрохимии в применении к накопителям энергии; 4) Виды и технические характеристики накопителей энергии на основе наноструктурированных материалов; 5) Основы CALS-технологий и их использование для управления проектами.

Разработка каждого раздела ЭУК включает следующие основные этапы работ:



- Разработка структурного плана раздела, включающего профессиональные компетенции, подлежащие формированию в процессе изучения данного раздела ЭУК;

- Подготовка учебно-тематического плана раздела с детализацией по темам, и распределением времени по видам учебной деятельности;

- Подготовка содержательной части раздела ЭУК включает разработку следующих образовательных ресурсов: презентации, контрольно-измерительные материалы для самопроверки обучающимися получаемых знаний, практические и лабораторные работы для выработки практических умений и навыков.

- Проведение апробации и анализ ее результатов.

Разработанный дистанционный курс прошел апробацию в процессе пилотной реализации программы на группе слушателей ОАО «Элеконд» из 25 человек. Лекционные и практические занятия были проведены в on-line трансляции. Анализ отчетов лабораторных работ, выполненных обучающимися, и решенных ими тестов показал эффективность выбранных форм и образовательных технологий. Применение технологии e-learning позволило качественно осуществить переподготовку кадров без отрыва от производства и обеспечить максимальную экономическую и эргономическую эффективность услуг для заказчика.



**СИСТЕМА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С
ВКЛЮЧЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ РЕГИОНЕ**

Н.В. Семакина¹, М.А. Плетнев¹, Т.В. Анисимова², Н.Г. Останина²

1). ФГБОУ ВПО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»,

nadezhda_semakina@mail.ru

2). МБОУ «Лицей № 41», г. Ижевск

Настоящая работа посвящена исследованию проблемы развития системы естественно-научного образования в высокотехнологичном регионе (Удмуртская Республика) с включением сведений о нанотехнологиях.

Исследование проводилось по следующим этапам:

1. Анализ международного опыта школьного образования в области нанотехнологий;
2. Создание концепции развития системы естественно-научного образования с включением элементов нанотехнологий в высокотехнологичном регионе;
3. Апробация проектируемой концепции развития системы естественно-научного образования с включением элементов нанотехнологий в высокотехнологичном регионе.

Исходя из результатов анализа зарубежного и российского опыта преподавания естественно-научных дисциплин и основ нанотехнологий, а также анализа потенциала развития образования в сфере нанотехнологий в Удмуртской Республике были выделены принципы, с учетом которых, по нашему мнению, должно



осуществляться развитие системы естественно-научного образования с основами нанотехнологий в регионе: принцип интеграции усилий «школа – вуз – высокотехнологичное производство»; принцип регионализации образования; принцип «обучение через исследование».

Для актуализации сформулированных выше принципов необходимо осуществить следующие действия:

1. Разработка и реализация инновационных образовательных проектов, нацеленных на раннюю профориентацию и мотивацию изучения естественно-научных дисциплин и основ нанотехнологий на уровне школьного образования.

2. Преподавание естественно-научных дисциплин с включением элементов нанотехнологий. Разработка и реализация элективных курсов по изучению основ наноматериалов и нанотехнологий в рамках дополнительного образования.

С целью решения поставленных выше задач в настоящее время ИжГТУ имени М.Т. Калашникова и Республиканским центром развития и поддержки дополнительного естественнонаучного образования реализуется инновационный образовательный проект «От школьной скамьи к нанотехнологиям», направленный на качественное улучшение школьного естественно-научного образования в регионе.

В рамках этого проекта разработана программа элективного курса для старшеклассников «Введение в нанотехнологии». Программа курса апробируется в лицее № 41 при тесном взаимодействии лицея с кафедрой «Химия и химическая



технология» факультета «Математика и естественные науки» ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, лабораторией электронной структуры поверхности Физико-технического института УрО РАН и Научно-инновационным центром ОАО «Ижевский электромеханический завод «Купол» («ИЭМЗ «Купол»).

Региональный компонент образования реализуется за счет включения в программу курса модуля «Развитие нанотехнологий в Удмуртской Республике». При изучении данного модуля организуются встречи с представителями АНО «Региональный центр наноиндустрии УР». Учащиеся получают информацию о том, какие инновационные проекты с применением нанотехнологий и наноматериалов реализуются в регионе.

Знакомство учащихся с реальным высокотехнологичным производством региона происходит во время ознакомительных экскурсий на ОАО «ИЭМЗ «Купол» (рис. 1).



Рис.1. Экскурсия в Музейно-выставочный комплекс «ИЭМЗ «Купол»



С современным нанотехнологическим оборудованием лицеисты знакомятся на выездных занятиях в научно-исследовательские лаборатории ФТИ Уро РАН (рис. 2).

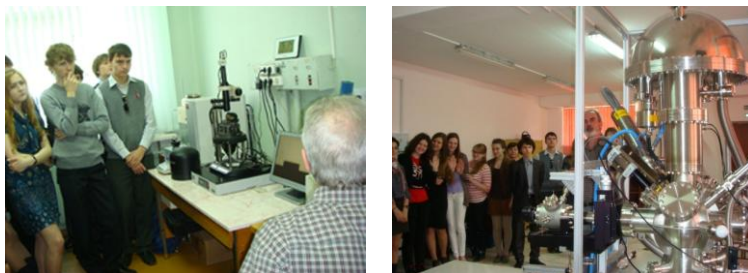


Рис. 2. Учащиеся лицея знакомятся с устройством и принципом работы современного аналитического оборудования

Принцип «обучение через исследование» воплощен в организации проектно-исследовательской деятельности учащихся в области нанотехнологий (рис. 3). Исследовательские работы, выполненные учащимися лицея под руководством научных кураторов, ежегодно становятся победителями и призерами на Всероссийских и республиканских конкурсах в области естествознания и нанотехнологий.

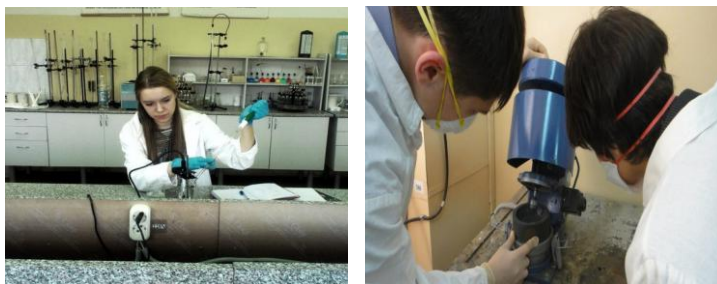




Рис. 3. Лицейисты проводят эксперименты в лаборатории кафедры «Химия и химическая технология»

Лицей вошел в Школьную лигу РОСНАНО, что позволило решить ряд вопросов методического обеспечения образовательного процесса, активизировать коллективы учащихся и педагогов на использование элементов нанотехнологий в образовании. Полученный опыт был обобщен и предложен в рамках специальных семинаров педагогам естественно-научных дисциплин ряда городов и районов Удмуртской Республики.

Семакина Надежда Владимировна, к.т.н., доцент, Тел.: 89120295714
E-mail: nadezhda_semakina@mail.ru

СОЗДАНИЕ ЕДИНОГО АРКТИЧЕСКОГО НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА

А.В. Федотовских¹, В.В. Потеряхин²

1) Коорсовет РСПП по развитию Северных территорий и Арктики, chief@nrd.ru

2) Союз руководителей Заполярья, spp@nrd.ru

Арктика - новое экономическое пространство и ее освоение по модели устойчивого развития зависит от технологий. Но новый виток освоения Арктики движется инертно. Об этом говорили в феврале 2015 г. в Москве в рамках II Международного Инвестиционного Арктического Саммита на тему «Нанотехнологии, ВПК и Арктика как национальная идея». Союзы работодателей Арктической зоны РФ (АЗРФ) представили инвестпроект по созданию единой телекоммуникационной системы «Электронная



Арктика». Прокладка оптоволоконных кабелей на Крайний Север обеспечит доступ к «быстрому» Интернету, что является одним из факторов ускорения экономического роста. В настоящее время идет строительство оптоволоконной линии связи на Север Красноярского края, в перспективе - создание единой системы связи в АЗРФ. Однако проект выявил ряд проблем, связанных с вечной мерзлотой, резкими температурными скачками, а также прокладкой кабелей под водой в условиях замерзания и таяния. К сожалению, в РФ как Арктическом государстве отсутствуют новые технологии строительства с применением наноматериалов в условиях сверхнизких температур и вытекающих последствий.

Нанотехнологии уже применяются в Арктике: производятся стали для корпусов ледоколов, ледостойких платформ, в нефтегазовом секторе - в бурении, извлечении и доставке нефтепродуктов. Но внедрение происходит медленно и незначительно количественно. При этом импортозамещение пока неспособно сократить разрыв. В мире существуют разработки и серийные образцы технических объектов и товаров с использованием нанотехнологий. В РФ массовое их применение отсутствует.

Российская экономика зависит от добычи и экспорта углеводородов. Для этого государство и частные компании вкладывают в новые арктические проекты колоссальные средства, которые можно минимизировать, внедряя нанотехнологии, для сбора разливов токсических веществ, создания морозостойких материалов.

Особую важность приобретают хладостойкие и



удерживающие тепло элементы для обогрева человека. Арктическая группировка войск, строители, нефтяники, полярники и геологи могли бы носить одежду и обувь из мембранных материалов, привлекательных внешне, легких и удобных одновременно. Такое термобелье российской разработки с использованием ионов серебра, позволяющее комфортное нахождение при t до -50°C было представлено в 2015 г.

Особенности строительства в Арктике также подразумевают внедрение новых технологий. Производимые материалы давно не отвечают возросшим требованиям. Использование присадок и добавок улучшило бы качество производства бетона. Новый импульс строительства могут обеспечить серобетон и сероасфальт. Этим направлением плотно занимается ряд компаний, например, «Газпром сера».

Проблему автономности источников питания также можно решить, используя нанотехнологии. Компания «Чеченнефтехимпром» готова поставлять ИБП для применения на солнечных станциях, монтируемых на Крайнем Севере, т.к. в РФ пока нет источников питания, работающих при температуре ниже -40°C , что сдерживает развитие солнечной энергетики на Крайнем Севере¹. В 2011 г. Volvo доказала пригодность электромобилей для арктического климата при температуре до -33°C ².

Эксперты прогнозируют, что потепление в Арктике грозит нашествием комаров, что в итоге потребует специальных средств

¹ Л. Попов. Volvo доказала пригодность электромобилей для арктического климата // Мембрана. – 23.03.2011. - URL: <http://www.membrana.ru/article/15897>

² Х.Альвиёв. Нанотехнологии стартуют в Грозном // Нанотехнологическое общество России. – 17.03.2015. – URL: <http://www.rusnor.org/pubs/interviews/12168.htm>



защиты: индивидуальной и коллективной. В этом же ключе необходимо создание нового поколения лекарственных препаратов для лечения и поддержания здоровья людей на Севере.

В России проводятся успешные исследования и разработки новых технологий для Арктики в САФУ им. Ломоносова, СВФУ им. Аммосова и СФУ, в региональных Центрах нанотехнологий, в институтах РАН, в лабораториях, работающих составе в крупных, прежде всего, добывающих компаний. Несмотря на это, новые технологии с трудом приживаются в условиях *Крайнего Севера в связи с географическим удалением научных центров, конкуренцией между ними и отсутствием* единой информационной базы новых технологий для Арктики.

Необходимо создание Нанотехнологического Арктического кластера не в отдельно взятом регионе или на базе одной организации, а на федеральном. Создание опытных северных полигонов, необходимых для испытания новаций, в т.ч. в нефтегазовой отрасли, ускорит внедрение новых технологий. Такие процессы в итоге окажут существенное влияние как на глобальную экономику Арктики, так и на социально-экономические изменения в приарктических регионах.



Коммерциализация нанотехнологий и внедрение в промышленное производство

ОПЫТ РЕГИСТРАЦИИ ТОВАРНЫХ ЗНАКОВ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ САНКЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РОССИЙСКОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ ЗА РУБЕЖОМ В НАНОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

Л.С. Раткин

НИЦ «Курчатовский институт», ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, ООО «АРГМ», г. Москва, rathkeen@bk.ru

По итогам анализа нормативно-правовой базы выявлена ситуация, когда в 2017 году может быть приостановлена защита интеллектуальной собственности ряда российских компаний в странах, которые ввели по отношению к РФ экономические санкции. Согласно действующему законодательству, если в течение трех лет объект интеллектуальной собственности не использовался в стране, его охрана может быть прекращена. Экономические санкции, препятствующие использованию объектов интеллектуальной собственности в ряде стран, по отношению к России были введены в 2014 году, поэтому уже через год истекает трехлетний срок, после которого использование объекта интеллектуальной собственности на территории конкретной страны (участника экономических санкций) может быть приостановлено. Учитывая, что в странах, где может быть инициирована процедура прекращения правовой охраны, работают фирмы, конкурирующие с российскими, а оспаривать решение о приостановлении защиты может быть в



судебном порядке в течение длительного времени, необходимо оперативное внесение изменений в нормативно-правовую документы, регламентирующие разрешение схожих ситуаций. В частности, автором предлагается совершенствование института патентных поверенных, создание специальной Российской организации по содействию в централизованном и согласованном отстаивании интересов владельцев интеллектуальной собственности за рубежом, а также частное инвестирование и государственное софинансирование направлений, представляющих за рубежом российскую интеллектуальную собственность в высокотехнологичной сфере, в т.ч., нанотехнологической. Согласно оценкам экспертов, приостановка реализации ряда nanoиндустриальных проектов в России, сокращение или прекращение их финансирования с формированием предпосылок к банкротству инициировавших проекты предприятий также связана и с резким возрастанием инвестиционных рисков невозврата заемных средств при защите интеллектуальной собственности за рубежом в странах – потенциальных рынках сбыта, являющихся участниками экономических санкций. Инвесторы, заинтересованные в стабильности нормативно-правовой базы и предсказуемых правилах работы на рынках, часто не могут продолжать поддержку проектов в данных условиях и также ожидают благоприятного разрешения ситуации.

Автором была проведена работа не только по анализу нормативно-правовой базы, но и по получению патента на авторский товарный знак RATHKEEN в условиях санкций на территории стран, в частности, инициировавших санкции по



отношению к России. В настоящее время получены документы о регистрации более, чем в 90 странах. Например, авторский товарный знак защищен патентом в 28 странах ЕС (Австрия, Бельгия, Болгария, Кипр, Хорватия, Чехия, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния, Словакия, Словения, Испания, Швеция, Великобритания), Австралии, Колумбии, Исландии, Индии, Израиле, Японии, Мексике, Новой Зеландии, Норвегии, Республике Корея, Сингапуре, Сирии, Турции, США, КНР, КНДР, Египте, Иране, Сербии, Македонии... Процесс патентования в других странах продолжается. Аналогичная работа проведена автором также в отношении другого товарного знака. Для товарных знаков автором получена международная регистрация, позволяющая их использовать (и уже используемая) для представления интересов и продвижения продукции российских научных и производственных предприятий, в т.ч., работающих в наноиндустриальной сфере.



**Социально-экономические эффекты
нанотехнологий и вопросы взаимодействия ученых
на стыке естественнонаучных и гуманитарных
дисциплин**

ЮНГ И БИОМЕХАНИКА. ФОТОХРОМНЫЙ ЭФФЕКТ

Г.С. Ивасышин

*Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Псковский
государственный университет. г. Псков, Россия,
genrih.ivasyschin@yandex.ru*

«... Как государство мы заинтересованы в биотехнологиях.

Иначе, когда произойдёт очередная научная революция,
мы окажемся на обочине цивилизации.

Вместе со своим газом и нефтью ...»

Д. А. Медведев

«... Невозможно размышлять о Времени и таинстве творческого
пути Природы и не испытывать отчаяния от ограниченности
человеческого разума ...»

Альфред Норт Уайтхед

«... Сотри случайные черты

Тебе дано незримой мерой

Измерить всё, что видишь ты ...»



А. Блок

«... никакой набор фундаментальных констант не следует считать незыблемой истиной ...»

Тейлор Б., Паркер В., Лангенберг Д. Фундаментальные константы и квантовая электродинамика. Перев. с англ. Под ред. Б. А. Мамырина М.: Атомиздат, 1972. 324 с. [9].

ФОТОХРОМИЗМ — способность вещества обратимо менять под действием оптического излучения спектр поглощения видимого излучения (т. е. цвет).

Физический энциклопедический словарь.

Гл. ред. А. М. Прохоров. Ред. кол. Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С. Боровик-Романов и др. М.: Сов. энциклопедия, 1984. 944 с. [10]

Обсуждаются возможности получения конкурентоспособных технологий на основе научных открытий (Диплом № 258, Диплом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302, Диплом № 392, Диплом № 404, Диплом № 466, Диплом № 468) и квантовой теории трения.

Рассматриваются различные аспекты развития квантовой биомеханики.

Открытие фотохромного эффекта имеет перспективные инновационные технологические возможности.

Рассматриваются математические и трибофизические модели на основе повышения точности определения физико-механических характеристик материалов с целью создания



конкурентоспособных технологий в области приложений квантовой механики.

Цель работы - создание НБИК-технологий с учётом гистерезисных эффектов, где Н- это нано, Б-био, И-информационные технологии, К- когнитивные технологии, основанные на изучении сознания, поведения живых существ и человека в первую очередь.

Постановка задачи: анализ технологического варианта интерпретации НБИК- технологии- повышение инновационных технологических возможностей электронной аппаратуры, базирующейся на реализации фотохромного эффекта большой органической молекулой.

ВЛИЯНИЕ УПРУГОГО ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ НА МОДУЛЬ ЮНГА

«... Англичанин Томас Юнг, один из создателей волновой теории света, родился в Милвертоне в 1773 г. с ранних лет он обнаружил необычайные способности и феноменальную память. В 2 года он научился бегло читать, а в 4 — знал на память множество сочинений английских поэтов; в 8–9 лет он освоил токарное ремесло и мастерил различные физические приборы, к 14 годам познакомился с дифференциальным исчислением по Ньютону, изучил много языков (греческий, латинский, французский, итальянский, арабский и др.).

Юнг учился в Лондонском, Эдинбургском и Гёттингенском университетах, где сначала изучал медицину, но потом увлёкся физикой, в частности, оптикой и акустикой. В 1800 г., будучи уже профессором Королевского колледжа в Лондоне, он написал трактат «Опыты и проблемы относительно звука и света». В этом



трактате он подверг критике корпускулярную теорию света, предложенную Ньютоном, который считал свет потоком мельчайших частиц (корпускул), и выступил в защиту волновой теории. Он впервые указал на усиление и ослабление звука при наложении звуковых волн и ввёл для этого явления термин «интерференция». В 1801 г. он впервые объяснил явление интерференции света, объяснил, исходя из принципа интерференции, опыт с кольцами Ньютона и выполнил ряд классических опытов по наблюдению интерференции света. Одновременно он разрабатывал теорию цветового зрения, исследовал деформацию сдвига и ввёл в 1807 г. характеристику упругости — **модуль Юнга** [1].

Цель изобретения — повышение точности определения в условиях последействия материала.

Указанная цель достигается тем, что балку разгружают, измеряют с помощью автоколлиматора изменение во времени остаточного прогиба и с учётом его определяют модуль упругости.

Предлагаемый способ позволяет повысить точность определения модуля упругости, поскольку учитывает реальный упругий прогиб балки при её деформации.

Формула изобретения «Способ определения модуля упругости материала» [8].

«Способ определения модуля упругости материала, заключающийся в том, что консольно закрепленную балку из испытуемого материала нагружают статически сосредоточенным усилием, приложенным к её свободному концу, измеряют усилие и прогиб балки и по ним определяют модуль упругости материала, отличающийся тем, что, с целью повышения точности определения



в условиях последействия материала, балку разгружают, измеряют изменение во времени остаточного прогиба и с учётом его определяют модуль упругости».

БИОМЕХАНИКА. ВЛИЯНИЕ УПРУГОГО ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ НА ФОТОХРОМНЫЙ ЭФФЕКТ

М. А. Красносельский и А. В. Покровский считают, что **учёт гистерезисных эффектов необходим во многих проблемах: гистерезис в задачах управления и биологии**, ферромагнитный и диэлектрический гистерезис в физике, пластический гистерезис в механике и т. п. [5].

«... Квантомеханический подход к биомеханике, биофизике и биохимии даёт возможность одним определением волновой функции получить полную информацию обо всех структурных свойствах исследованной атомной или молекулярной системы и об их динамическом поведении. Этот подход даёт возможность предсказать некоторые свойства, особенно в областях, в которых трудно делать эксперименты, а также определить ряд характеристик молекулярных систем: вибрации, дипольные моменты, ионизирующие потенциалы, энергию резонанса, перенос энергии и т. п. ...» [2].

«... Квантовая механика помогает более глубоко понять электронные факторы, которые имеют большое значение для структурных и динамических свойств биологических молекул и процессов ...» [2].

«... Перед наукой поставлена одна из труднейших задач — раскрыть процессы и закономерности механической, физической и



химической сторон множества типичных биологических проявлений. На Земле встречаются миллионы различных организмов, и все они характеризуются единым биохимическим составом.

Установлено, что все живые существа обладают общими чертами. Самое общее между ними то, что они состоят из атомов, молекул и клеток. Во всякой клетке действует сложный механизм химических преобразований. **Атомы, со своей стороны, подчиняются законам квантовой механики ...»** [2].

«... Особенность живых организмов заключается в том, что они состоят из исключительно большого числа типов молекул, имеющих очень сложную структуру. Особенно сложна структура белковых молекул.

Структура молекул зависит от характера и взаимодействия химических связей. Электромагнитное взаимодействие определяется электронным строением атомов и молекул ...» [2].

«... Объяснения ряда феноменологических явлений надо искать в явлениях и процессах, происходящих на атомном и молекулярном уровнях. В этом случае надо использовать новое направление квантовой механики — **применение квантовой механики в биологии**, которое при помощи квантовой химии и квантовой статистической механики даёт возможность проникнуть в микроструктуру биологической материи и не только объяснить, но и предсказать ряд явлений.

Успешное развитие биомеханики можно реализовать при помощи ряда нетрадиционных комбинированных методов из математики, физики, химии, электроники, кибернетики и т. п. ...» [2].

«... При помощи биомеханики можно разработать манипуляторы и роботы, которые будут использовать в случаях вредных для человека, т.



е. в случаях, когда человеческий организм не может адаптироваться к соответствующим условиям ...» [2].

В феноменологической теории неупругости металлов К. Зинер [3] рассматривает **функцию памяти материалов** через скрытые параметры: «... открытие и исследование этих скрытых параметров составляет предмет теории неупругости ...». **Функция памяти металлов может быть выражена через скрытые параметры: прямое и обратное упругое последствие.**

Известно, что сила внешнего трения формируется в процессе предварительного смещения, в т. ч. и от предварительного смещения, зависимо от упругого последствия (рис. 1,2) и аддитивности упругого последствия.

Известно, что за упругое и пластическое последствие ответственны дислокации, теория механического поведения которых, ещё далека от завершения.

Е. Орован отмечает, что **дислокации представляют интерес и в зоологии [7]. «Змеи, черви и моллюски движутся за счёт образования дислокаций.** Движение дождевого червя начинается с образования «растягивающей» дислокации (отрицательной) вблизи шейки, тогда как движение большинства змей осуществляется путём образования «сжимающих» дислокаций (положительных) у хвоста и их перемещения по направлению к голове» (рис. 3,4).

Направленное перемещение дислокаций на рис. 1–4 показано стрелками.

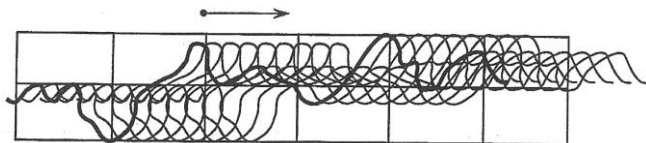


Рис. 1. Перемещение дислокаций при прямом упругом последствии предварительного смещения

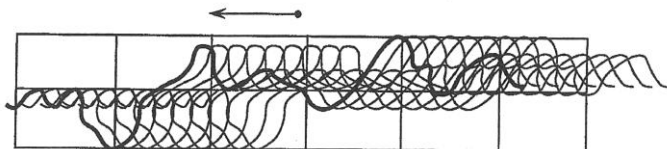


Рис. 2. Перемещение дислокаций при обратном упругом последствии предварительного смещения

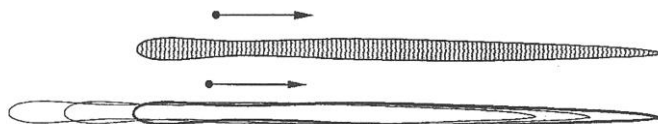


Рис. 3. Движение дождевого червя за счёт перемещения дислокаций [7]

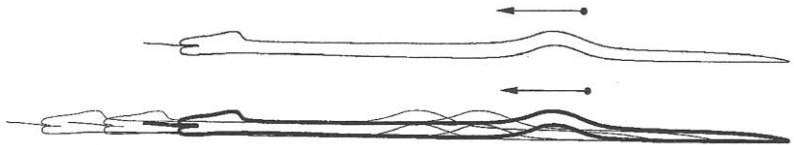


Рис. 4. Движение змеи за счёт перемещения дислокаций [7]

Управление силой внешнего трения F_T на основе использования «интеллектуальных» свойств упругого последействия предварительного смещения, обладающего функцией памяти металла, даёт возможность оптимизировать процессы, связанные с трением и износом.

Сила внешнего трения определяется формулой

$$F_t = fHI \cdot \Delta Y,$$

(1)

где f — коэффициент трения;

HI — квант последействия;

ΔY — упругое последействие.

Упругое последействие материала приводит к процессам, развивающимся во времени – изнашиванию, фреттингу, коррозии, усталости металлов и т. д.

Под влиянием аддитивности упругого последействия в объёмных частях и поверхностных слоях пары трения постоянно изменяется «третье тело» («третье тело» — рабочий слой, создающийся в зоне фрикционного взаимодействия контактирующих



тел, в котором расположены фрикционные связи, а также заполняющие пространства между ними смазочный материал и продукты износа).

Открытие фотохромного эффекта имеет перспективные инновационные технологические возможности.

Представляет интерес исследование влияния упругого последействия на фотохромный эффект, тем более известно оригинальное технологическое решение [8], позволяющее более точно рассчитать модуль Юнга, при измерении которого статическим методом определяют прогиб консольной балки.

«... Если взять большую органическую молекулу определённого вида, прозрачную и бесцветную, и облучить её ультрафиолетом, невидимым человеческому глазу, фотоны ультрафиолета вытолкнут один из электронов молекулы, и молекула изогнётся, став голубой.

Если облучить её видимым светом, она вернётся в первоначальное состояние, потеряв голубой цвет. Таким образом, мы получаем два основных состояния памяти («включено» или «выключено»), основной структурный блок электронной технологии ...» [6].

Однако, учитывая влияние упругого последействия на точность определения физико-механических характеристик материалов, в частности коэффициент Пуассона, модуль Юнга, представляется возможным сделать вывод о том, что идеи развития биопроцессов и работ в области молекулярной электроники должны учитывать физический подход, связанный с учётом релаксационных эффектов [4,8].



Выводы

1. Имея в виду то, что упругие характеристики материалов, в том числе вещества (материала) органической молекулы, во многом зависят от несовершенств упругости материала (упругого последействия, внутреннего трения и т. д.), а также то, что упругие характеристики (коэффициент Пуассона, модуль Юнга, модуль сдвига) зависят от упругого последействия, представляется целесообразным с **целью повышения инновационных технологических возможностей электронной аппаратуры, базирующейся на использовании фотохромного эффекта, применять корректный аналитический аппарат при расчёте деформации молекулы, например, при расчёте изгиба молекулы необходимо применять модуль Юнга, зависимый от упругого последействия материала (вещества) молекулы — кванта последействия H_I .**

2. Живой организм (большая органическая молекула) – в высшей степени упорядоченная система с низкой энтропией. Тем не менее надёжность основного структурного блока электронной аппаратуры («включено» или «выключено») на основе молекулярной электроники во многом будет зависеть от управления энтропией последействия материала (вещества) молекулы, имея в виду то, что энтропия должна быть минимальной.

Приток в систему отрицательной энтропии, что эквивалентно уменьшению энтропии системы, возможен на основе реализации научных открытий [4].



3. Функция памяти металлов (материалов) может быть выражена через скрытые параметры: прямое и обратное упругое последствие.

4. **Квант последствия \hbar является характеристикой «интеллектуальных» свойств металлов (материалов), индикатором функции памяти.** Имея в виду то, что движение есть единство непрерывности и прерывности, представляется возможность сделать принципиальный вывод о том, что **квант действия Планка \hbar сопровождается квантом последствия \hbar .**

5. Создание конкурентоспособных технологий (приложений квантовой механики — микроэлектромеханических и нанoeлектромеханических – миниатюрных телероботов, микроспутников, микроприборов, нанокomпьютеров, микросенсорных устройств, микрозеркал, микрооптоэлектронных приборов, микрорефрижераторов, химических и биохимических микрореакторов) на основе научных открытий [4] (Диплом № 258, Диплом № 277, Диплом № 289, Диплом № 302, Диплом № 392, Диплом № 404, Диплом №466, Диплом № 468), а также оригинальных технических решений, базирующихся на научных открытиях, даст возможность **сформировать определенный научно-технический потенциал в области микро- и нанотехнологий, адекватный современным вызовам мирового технологического развития.**

10. Научные открытия [4] дают возможность целенаправленно управлять энтропией систем с гистерезисом, к которым в частности, относится НБИК-технологии, атомно-молекулярная электроника и др.



Библиографический список

1. Бокштейн Б. С. Атомы блуждают по кристаллу / Под ред. Л. Г. Асламазова. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 208 с.
2. Бранков Г. Основы биомеханики. Перев. с болгарского. Под ред. И. В. Кнетса. М.: Мир, 1981. 256 с.
3. Зинер К. Неупругость металлов / В сб.: Внутреннее трение металлов. М.: Metallurgizdat, 1963. С. 5–24.
4. Ивасышин Г.С. Приложения квантовой механики. Научные открытия в области микро-и нанотрибологии// Трение и смазка в машинах и механизмах. 2015. №11. С. 45-48.
5. Красносельский М. А., Покровский А. В. Системы с гистерезисом. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1983. 272 с.
6. Морита А. Сделано в Японии. История фирмы СОНИ. Перев. с англ. Под ред. А. Ю. Юданова. М.: Прогресс. 1993. 413 с.
7. Orowan E., в книге: Dislocations in Metals, 103, AIME Monograph, New York, 1954.
8. NSU 905714 A 1 M K И G01 N3/20. Способ определения модуля упругости материала / Г.С. Ивасышин. 1982. Бюл. № 6.
9. Тейлор Б., Паркер В., Лангенберг Д. Фундаментальные константы и квантовая электродинамика. Перев. с англ. Под ред. Б.А. Мамырина. М.: Атомиздат, 1972. 324 с.
10. Физический энциклопедический словарь. / Гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Мир. 1986. 384 с.

Ивасышин Генрих Степанович, профессор
E-mail:genrih.ivasyshin@yandex.ru



СОЧЕТАНИЕ С ПОВТОРЕНИЕМ

О.В. Лончакова, С.А. Лончаков

1). *Выпускник физического факультета МГУ им. М. Ломоносова,
г. Москва, la-chita@mail.ru*

«У будущего есть тень», - объясняет английская пословица, но можно добавить далее, тень вещная и не вещная, отраженная прошлым и настоящим в состоянии биострома. Так наблюдаются трансляционные изменения всеобщей системы, предельные объединения и уплотнения событий в «часы единой триады», в невидимой геометрии пространства – времени.

В статье рассматривается как свойство временной структуры скорость ее уплотнения и концентрации. Такой подход может быть визуализирован при оценке экономик развивающихся инновационных секторов России, корпораций, крупных промышленно и научно обустроенных городов. Подвижность постоянно изменяемого временного конденсата (ВК) в системе Дага³ «Общность» выражается в материальных и электронно-денежных значениях. Следовательно, ВК как экологически обустроенный параметр формирует зону традиционной базовой доступности или недоступности выборки событий, обладает центрами тяжести и взаимодействия масс.

В качестве инструментария исследования приняты две характеристики Дага или два полных (пространственных) типа

¹ Даг – слово, образованное от основы «Да», но имеющее более твердое смысловое звучание (придумал, но не записал Бельченков Г. (преподаватель Веб - Академии г. Москва).



отражения совокупностей симметрий времени («посев»), которые определены в пределах изменений конфигурации сред «Общности». Обозначаются типы как: 1) линейный ($\sum t_i$) (так авторы представляют суммарный модульный охват стрелы времени – энтропию, векторно расширяющуюся, конически оформленную емкость событий); 2) радиальный (t_{rad}) (визуализация – статически интегрированные дискретные событийные ядра, фазовый шаг).

Отмечаем, что уровни распространения и накопления усилий и деформаций в Общности различаются по типам посева. Приоритет совокупного равновесия при работе сил внешних и внутренних взаимодействий сохраняется в пределах шага энтропии Дага, может быть рассчитан по состояниям средних длин постоянных волн, образующих ее. Принадлежность рассматриваемого вида или подвида к определенной фазе формы «Идея», «Организация», «Дробление», «Структуризация» показывает центрирование тяжести в расчетной системе.

Взаимодействия людей (примерная численность населения Земли составляет $\approx 7\,381\,340\,000$ млрд.) сочетают события $\{S_V, S_N\}$ вещные⁴ (S_V) и не вещные⁵ (S_N) по четырем видам «Общности» - «Биостром», «Люди», «Предприятие», «Товары». Применение формулы «сочетания с повторениями» позволяет определить количество связей $\{S_V, S_N\}$.

$$(C_n^m)_{с\,повт} = C_{n+m-1}^m = \frac{(n+m-1)!}{(m!(n-1)!)} \quad (1)$$

² Вещные события обладают выходами на материальный план жизни, например «ведро воды».

³ Не вещные события определяются как структура, связанная с невидимыми и недоступными чувственным органам человека формами и скоростями деятельности, например, перемещение электронных средств потребителю.



$$\{S_V, S_N\}^4_{7\ 381\ 340\ 000} c_{повт} \approx 2\ 952\ 576\ 000 * 10^{30}$$

Отмечаем, что события с традиционным показателем изменения силы (Tpc) создают в Даге *const посеv*. Инновационные изменения определяются дополнительным показателем изменения силы (Dpp), ускоряют фазовое, изменяют линейное время, формируют уплотнение удельного объема энтропии.

Отношение $\frac{Tpc}{Dpp} \approx 1$, определяем средней численностью населения Земли, ведущего домохозяйство в сельской местности (Tpc) и проживающего в городах (Dpp) (*US, and World Population Clock*). Таким образом, примерно 50% событий уровня $\{S_V, S_N\}$ являются связанными с изменением скорости накопления конденсата в *const* циклах времени, носителями незавершенности.

Можно анализировать веса событий $\{S_V, S_N\}$, и связав их с категориями современного человеческого капитала рассмотреть данные о постепенном доминантном замещении нашим видом биомассы Земли. Биостром, четвертая живая оболочка, подчиняется закону сохранения энергии. В субъектной среде, в научном сообществе, происходит экспонентное накопление знаний о конфигурации мира и способах взаимодействия с ним. Необходимо отнести к экологии времени, к выборкам событийного покрытия, с позиций будущего, которое имеет тень в прошлом и формирует настоящее.

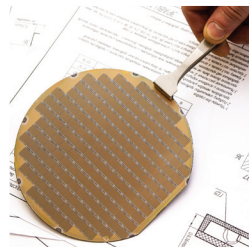


ДЛЯ ЗАМЕТОК

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА



14
наноцентров
в 10
регионах



ПОДГОТОВКА
КАДРОВ ДЛЯ НАНО-
ИНДУСТРИИ

ПРОДВИЖЕНИЕ
НАНОПРОДУКЦИИ

- на региональные рынки
- на отраслевые рынки

130
образовательных
программ



РОСНАНО

ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА



СЕРТИФИКАЦИЯ,
СТАНДАРТИЗАЦИЯ И
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

**Российская
Нанотехнологическая
Продукция**

* данные на конец 2015 года

ИНФРАСТРУКТУРА НАНОИНДУСТРИИ

www.rusnano.com/infrastructure

© Общероссийская общественная организация
«Нанотехнологическое общество России»
2016