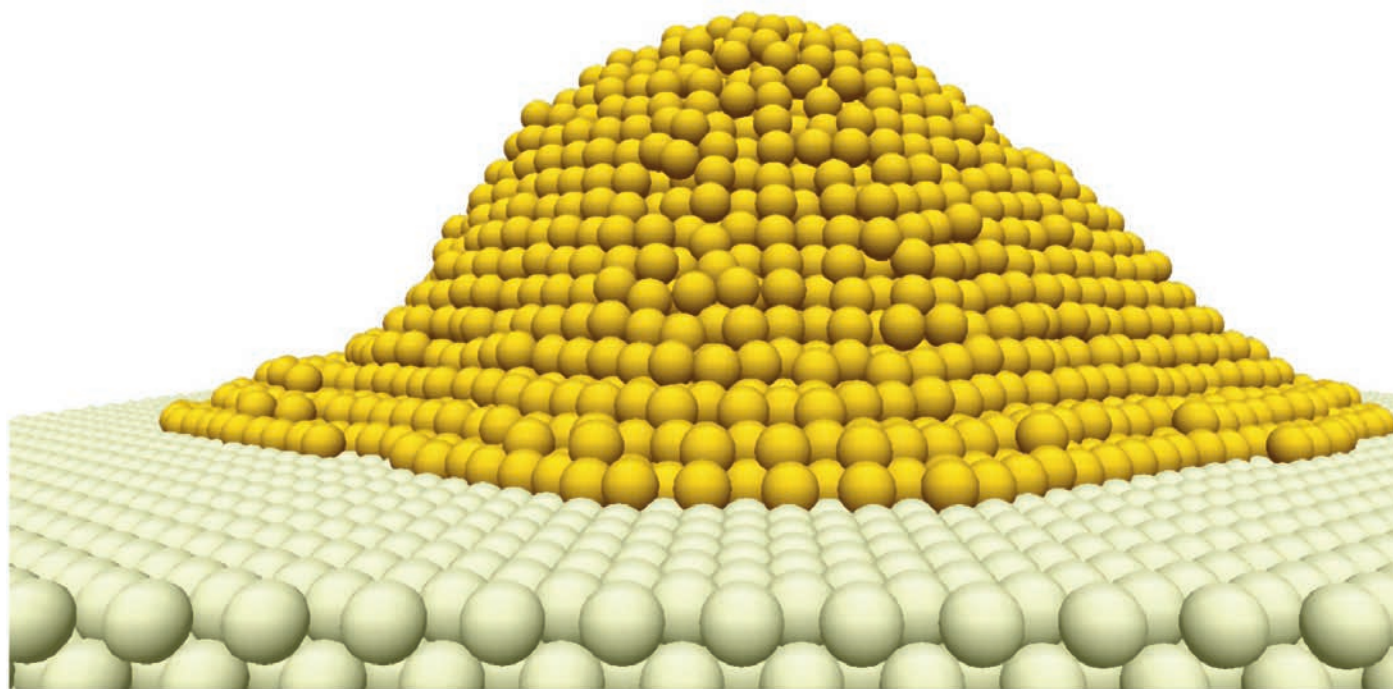


# РОССИЙСКИЕ НАНО ТЕХНОЛОГИИ

сентябрь–октябрь 2016

том 11, №9-10

**О реологическом поведении наночастиц  
в силовом поле твердой поверхности:  
нанотехнологические аспекты**



- Нанокатализаторы палладий-платина-пористый кремний для топливных элементов с прямым окислением муравьиной кислоты
- Барьерные покрытия для устройств органической электроники на основе молекулярного силиказоля
- Влияние перорально вводимых наночастиц серебра на содержание в организме эссенциальных и токсичных микроэлементов

ISSN 19927223



9 771992 722003

# России нужна наука, науке нужна реформа, вам нужен STRF.ru

Работает при финансовой  
поддержке Министерства  
образования и науки РФ



Лучшее российское интернет-СМИ  
о науке, образовании, инновациях

*"На мобильных устройствах с диагональю менее 7"  
загружается облегченная версия сайта*



Игнат Соловьев

## Факторы, влияющие на эволюцию технологий генерации и потребления энергии

**Ж**изнь человека и человеческого общества требует постоянных затрат энергии, а обеспеченность энергией является важнейшей характеристикой развития человеческого общества.

В процессе эволюции человечество накопило большой опыт использования энергии Солнца, ископаемых углеводородов, воды и ветра для удовлетворения своих насущных потребностей. Солнечную энергию без всякой переработки человечество использует для освещения и обогрева с древних времен и по сей день. Химическую энергию в виде продуктов питания Природа также предоставляет живым организмам и человеку с момента их возникновения. К этой «даровой» энергии для удовлетворения своих потребностей человек со временем стал добавлять энергию, извлеченную с помощью разнообразных технологий и оборудования из первичных источников – древесины, угля, нефти, газа, урановой руды, движущейся воды и ветра.

Первобытный человек потреблял через пищу порядка 12,5 МДж в день и для работы использовал только собственную мускульную энергию. На аграрном этапе, когда человек стал возделывать землю и разводить домашних животных, для обогрева жилища и приготовления пищи стала использоваться химическая энергия (древесина и уголь), переработанная в тепловую энергию, а для механизации ручного труда стала использоваться механическая энергия воды и ветра. Энергия, затрачиваемая на удовлетворение нужд каждого человека на аграрном этапе эволюции, достигала примерно 60 МДж в день. Индустриальный этап развития человечества, начало которого связывают

с изобретением паровой машины и разработкой технологии превращения химической энергии в механическую, знаменуется появлением различных технологий генерации и потребления энергии. За прошедшие годы разработаны разнообразные технологии и устройства преобразования одних форм энергии в другие. Были созданы двигатели внутреннего сгорания углеводородного топлива, устройства генерации и преобразования электроэнергии, генерации энергии на основе процессов ядерного деления, устройства прямого преобразования энергии света в электроэнергию и химической энергии в электрическую. Производство энергии стало крупнейшей отраслью промышленности. Объем потребления энергии в расчете на одного человека многократно возрос по сравнению с первобытным обществом и достигает сегодня – 2,5 000 МДж в день.

К концу 20 века динамика роста объема производства и потребления энергии приобрела экспоненциальный характер. Эксперты оценивают, что к 2050 г. мировая экономика будет требовать ежегодно в четыре раза больше энергии, чем в настоящее время. Повышение спроса обусловлено как ростом населения, так и увеличением индивидуального потребления энергии.

Уже сегодня подсистемы производства и потребления энергии объединены в единые национальные энергетические системы, функционирование подсистем в которых синхронизовано во времени и пространстве. В дальнейшем интеграция процессов производства и потребления энергии будет только усиливаться. Основной формой энергии, предназначенной для передачи и использования в таких объединенных системах, становится электрическая энергия. Это означает, что все первичные источники энергии будут перерабатываться именно в электроэнергию. Особое место электрической энергии обусловлено не только ее высоким качеством по сравнению с другими формами энергии, но и технической возможностью транспортировки и долговременного хранения. Электроэнергию можно назвать универсальной формой энергии. В живых организмах роль такой универсальной формы энергии выполняет молекула АТФ.

Можно ли обеспечить будущее потребности в энергии при сохранении неизменной структуры ее производства? Ответ: нет! Критические факторы – неэффектив-

ные технологии извлечения потребляемой энергии из первичных источников и отходы ее производства, ставящие под вопрос само существование жизни на Земле. Общая картина современного производства и потребления энергии такова: 85 % потребляемой энергии основаны на использовании первичного сырья – угля, газа и нефти, – в котором заключена химическая энергия. При этом около 50 % углеводородного сырья используются для производства электроэнергии по технологической траектории: химическая энергия – тепловая энергия – электрическая энергия. Остальное углеводородное сырье перерабатывается в материалы или используется для обогрева помещения и получения механической энергии в транспорте по технологической траектории: химическая энергия – тепловая энергия – механическая энергия. Таким образом, большая доля всего первичного сырья перерабатывается в используемые потребителями формы энергии высокого качества (электрическая и механическая энергии) через стадию превращения химической энергии (энергия среднего качества) в тепловую, которая имеет самое низкое качество. Для превращения энергии низкого качества (большая энтропия) в энергию высокого качества (низкая энтропия) необходимо снова затратить энергию, и это приводит к снижению количества энергии, остающейся для выполнения полезной работы (т.е. уменьшается КПД). Это принципиальное ограничение обусловлено физическими законами, и именно оно задает максимально возможную эффективность преобразования первичной энергии в полезную работу. Если при получении электроэнергии осуществлять прямое превращение химической энергии, содержащейся в угле, нефти и газе, в электрическую энергию, то коэффициент преобразования первичной энергии в электроэнергию будет больше, чем в современных технологиях, а вредные выбросы сократятся.

Таким образом, главным безопасным для экологии направлением удовлетворения растущего спроса на энергию являются перевод промышленной генерации электрической энергии на технологии прямого преобразования химической энергии и увеличение в производстве энергии доли, получаемой из возобновляемых источников.

Главный редактор, академик РАН  
М.В. Алфимов

# РОССИЙСКИЕ НАНО ТЕХНОЛОГИИ

сентябрь-октябрь 2016

ТОМ 11, №9-10

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
ПИ №ФС77-26130 выдано Федеральной службой по надзору  
за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций  
и охране культурного наследия 03 ноября 2006 г.

## Учредители:

Министерство образования и науки Российской Федерации, ООО «Парк-медиа»

## Редакционный совет:

Председатель: М.В. Ковальчук  
Главный редактор: М.В. Алфимов

Ж.И. Алфёров, А.Л. Асеев,  
Е.Н. Каблов, М.П. Кирпичников,  
С.Н. Мазуренко, К.Г. Скрыбин

## Редакционная коллегия:

Заместитель главного редактора: А.Б. Ярославцев  
Ответственный секретарь: М.Я. Мельников

М.И. Алымов (Россия), С.П. Громов (Россия),  
Э. Дриоли (Италия), А.М. Желтиков (Россия),  
С.В. Калинин (США), Л.М. Лиз-Марзан (Испания),  
А.В. Лукашин (Россия), А. Ной (США),  
А.Н. Озерин (Россия), А.Н. Петров (Россия),  
В.О. Попов (Россия), Б.В. Потапкин (Россия),  
О.В. Преждо (США), В.Ф. Разумов (Россия),  
Я.И. Штромбах (Россия), Е.Б. Яцишина (Россия)

Издатель: К.В. Киселев

Руководитель проекта: Н.В. Соболева

Редактор: С.А. Озерин

Корректур: Р.С. Шаймарданова

Подготовка иллюстраций, макет и верстка:  
К.К. Опарин

E-mail: nsoboleva@strf.ru, www.nanorf.ru, www.nanoru.ru

Дизайн журнала: С.Ф. Гаркуша

Адрес редакции: 119234, Москва, Ленинские горы, Научный парк МГУ,  
владение 1, строение 75Г. Телефон/факс: (495) 930-87-07.

Для писем: 119311, Москва-311, а/я 136

Подписка: (495) 930-87-07.

E-mail: nsoboleva@strf.ru, www.nanorf.ru, www.nanoru.ru

ISSN 1992-7223

При перепечатке материалов ссылка на журнал «Российские нанотехнологии» обязательна. Любое воспроизведение опубликованных материалов без письменного согласия редакции не допускается. Редакция не несет ответственность за достоверность информации, опубликованной в рекламных материалах.

© РОССИЙСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ, 2016

Номер подписан в печать 12 октября 2016 г.

Тираж 1000 экз. Цена свободная.

Отпечатано в типографии «Печатных дел мастер»

АНОНС

## В этом номере

стр.  
13

В статье Б.И. Шапиро и др. изучено спонтанное превращение в водном растворе металлокомплексных J-агрегатов мезо-метилзамещенного тиакробоцианина в металлокомплексные H-агрегаты. Сделан вывод, что трансформация агрегатов связана с изменением структуры их первичных агрегатов от упаковок мономеров типа «кирпичной кладки» к упаковке типа «стремянки».

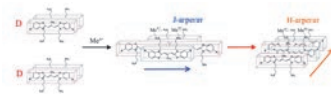
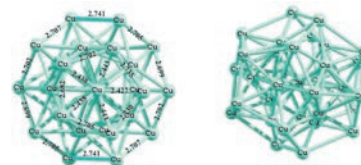


Схема структурной перестройки агрегатов

стр.  
69

Использование нанотехнологий в трибологии привело к появлению большого количества товарных смазочных материалов, содержащих наноразмерные частицы, с недоказанной эффективностью. В работе А.А. Кужарова и др. проведены триботехнические и физико-химические исследования ряда таких присадок к смазкам для выявления их реальных триботехнических характеристик. Выявлено, что применение частиц металлов (меди в первую очередь) может приводить к повышению триботехнических характеристик смазочных материалов.

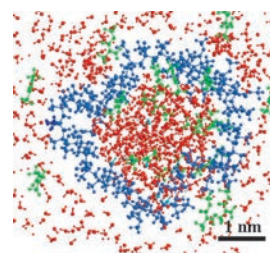
Для выявления механизма формирования и роста нанокластеров меди как модельной основы металлоплакирующего компонента трибосистем были произведены квантово-химические расчеты с полной оптимизацией всех параметров методом теории функционала плотности PBE/PBE/Lan12DZ. Показано, что образование наночастиц Си и их форма связаны с ростом самих нанокластеров, их стабилизацией лигандами и их агрегацией, агломерацией и коалесценцией, что приводит к появлению наночастиц с размерами от нескольких до десятков и сотен нанометров самой разнообразной формы. Выполнен синтез наноразмерных кластеров меди для изучения их физико-химических характеристик и их использования в качестве функциональных наноматериалов триботехнического назначения. Определена эффективность таких смазочных композиций.



Геометрические характеристики кластера 4

стр.  
93

В работе О.В. Шабановой и др. были исследованы особенности формирования периодических двумерных и трехмерных опалоподобных структур в зависимости от условий создания. Объектом экспериментов были водные дисперсии субмикронных частиц полиметилметакрилата с узким распределением по размерам. Частицы осаждались отстаиванием, центрифугированием и методом мениска. Образцы исследовались с помощью электронных микроскопов. Были обнаружены значительные морфологические различия в периодических структурах, полученных разными методами.



Срез части глобулы ПММА (синего цвета) с молекулами воды (красного цвета) и ММА (зеленого цвета). Для простоты восприятия за пределами глобулы показаны только 10 % молекул

# СОДЕРЖАНИЕ

Слово редактора..... 1

**А.Н. Петров, В.Г. Зинов, О.А. Черченко**

Патентная активность в глобальном пространстве как фактор достижения технологического суверенитета (на примере индустрии наносистем)..... 4

## НАНО статьи

### Самоорганизующиеся структуры и наносборки

Б.И. Шапиро, Е.В. Манулик

**Структурная перестройка агрегатов мезо-метилзамещенного тиакарбодиамина в растворе. . . 13**

Б.И. Шапиро, Е.В. Манулик

**Мультислойные и мультихромные агрегаты анионных и катионных цианиновых красителей . . . . . 16**

### Наноструктуры, включая нанотрубки

В.Г. Андреев, С.Б. Меньшова, А.Ю. Кирина, С.Б. Бибииков, М.В. Прокофьев, В.М. Прохоров

**Исследование влияния легирующих добавок на микроструктуру и свойства радиопоглощающих Mg-Zn ферритовых материалов . . . . . 22**

А.В. Дунаев

**Плазменное наноразмерное структурирование GaAs в высокочастотном разряде фреона и в смеси фреон/Ar . . . . . 29**

А.Я. Пак, К.Н. Шатрова, Н.Е. Актаев, А.С. Ивашутенко

**Получение ультрадисперсного  $Cu_3Si$  в сильноточном импульсном дуговом разряде . . . . . 33**

В.М. Самсонов, А.Г. Бембель, Т.Е. Самсонов, И.В. Попов, С.А. Васильев

**О реологическом поведении наночастиц в силовом поле твердой поверхности: нанотехнологические аспекты . . . . . 38**

Н.А. Яштулов, Л.Н. Патрикеев, В.О. Зенченко, М.В. Лебедева, Н.К. Зайцев, В.Р. Флид

**Нанокатализаторы палладий-платина-пористый кремний для топливных элементов с прямым окислением муравьиной кислоты. . . . . 45**

### Нanomатериалы функционального назначения

А.А. Ильин, Р.Н. Румянцев, А.Б. Жуков, А.П. Ильин

**Механохимический синтез железомолибденового катализатора синтеза формальдегида. . . . . 51**

Г.В. Кравченко, Е.Н. Доморошина, Г.М. Кузьмичева, А.А. Гайнанова, С.В. Амарантов, Л.В. Пирытко, А.М. Зыбинский, Н.В. Садовская, Е.В. Копылова

**Нанокomпозиты цеолит-диоксид титана: получение, характеристика, адсорбционные свойства . . . . . 59**

А.А. Кужаров, А.А. Милов, Ю.С. Герасина, Х. Нгуен, А.В. Тищенко, К.А. Ломаченко, А.В. Солдатов

**Нанотрибология кластеров меди. . . . . 69**

И.А. Мансурова, О.Ю. Исупова, А.А. Бурков, А.А. Алапыкин, С.В. Кондрашов, И.Б. Шилов, Е.Ю. Краева

**Функционализация 1D углеродных наноструктур компонентами вулканизирующей группы и их влияние на свойства резин . . . . . 76**

А.С. Сизов, И.Б. Мешков, М.Ю. Яблоков, Е.В. Агина, А.А. Бессонов, А.М. Музафаров, С.А. Пономаренко

**Барьерные покрытия для устройств органической электроники на основе молекулярного силиказоля . . . . 82**

О.Г. Терехова, Н.И. Радишевская, А.А. Магаева

**Механизм взаимодействия хитозана с кобальтовым ферритом в процессе синтеза методом механохимической активации. . . . . 88**

О.В. Шабанова, М.А. Коршунов, И.В. Немцев, А.В. Шабанов

**Особенности самосборки опалоподобных структур на основе субмикронных дисперсий полиметилметакрилата . . . . . 93**

### Нanomатериалы конструкционного назначения

Л.В. Баран

**Влияние термического отжига на структуру, фазовый состав и нанотвердость пленок фуллерит-алюминий с разной атомной долей металла . . 98**

### Нанобиология

И.В. Гмошинский, А.А. Шумакова, В.А. Шипелин, Г.Ю. Мальцев, С.А. Хотимченко

**Влияние перорально вводимых наночастиц серебра на содержание в организме эссенциальных и токсичных микроэлементов. . . . . 102**

И.Г. Данилова, И.Ф. Гетте, С.Ю. Медведева, А.В. Белоусова, М.О. Тонкушина, А.А. Остроушко

**Влияние нанокластерных железомолибденовых полиоксометаллатов на апоптоз лейкоцитов крови и содержание белков теплового шока в клетках тимуса и селезенки крыс. . . . . 108**

И.А. Дегтярева, А.М. Ежкова, А.Х. Яппаров, И.А. Яппаров, В.О. Ежков, Э.В. Бабынин, А.Я. Давлетшина, Т.Ю. Мотина, Д.А. Яппаров

**Получение наноразмерного бентонита и изучение его влияния на мутагенез у бактерий *Salmonella typhimurium* . . . . . 116**

Н.В. Зайцева, М.А. Землянова, В.Н. Звездин, А.А. Довбыш, Т.С. Уланова, С.А. Смирнов, М.С. Степанков

**Сравнительная оценка эффектов кратковременной ингаляционной экспозиции аэрозоля нанодисперсного оксида никеля с микродисперсным аналогом . . . . . 123**

**Правила для авторов. . . . . 128**