

**Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере
Казанский физико-технический институт им. Е.К.Завойского
Министерство образования и науки Республики Татарстан
Казанский (Приволжский) федеральный университет
Академия наук Республики Татарстан
Казанский научный центр РАН**

**КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
“Молодежь и инновации Татарстана”**

15-16 апреля 2014 года

сборник материалов

Казань - 2014

УДК 544 (047.3)
ББК 24.3
К 65

Конференция организована при поддержке дирекции КФТИ КазНЦ РАН

Печатается в авторской редакции
Технический редактор: И.В. Яцык

К 65 Конференция молодых ученых «Молодежь и инновации Татарстана», КФТИ КазНЦ РАН, 15-16 апреля 2014 года. // Сборник материалов конференции. – Казань: 2014. – 93 с.

В данном сборнике содержатся материалы, представленные на конференцию молодых ученых «Молодежь и инновации Татарстана», проходившую 15-16 октября 2014 года. Тематика публикуемых работ охватывает широкий круг научных и прикладных проблем, которые исследуются в республике Татарстан.

Адресуется специалистам в области физики конденсированных состояний, радиоспектроскопии, молекулярной фотохимии, оптики кристаллов, медикам и биологам, а также аспирантам, магистрантам и студентам факультетов университетов.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ:

Салихов К.М., академик РАН

Самарцев В.В., академик РАЕН

Гусев С.Н., начальник отдела науки и инновационной деятельности
Министерства образования и науки
Республики Татарстан, к.э.н.

Баскевич П.П., региональный представитель Фонда содействия
развитию малых форм предприятий в научно-
технической сфере, к.т.н.

Арсланов В.А., начальник научно-инновационного
отдела АН РТ, к.т.н.

Фаттахов Я.В., к.ф.-м.н.

Воронкова В.К., д.ф.-м.н.

Петрушкин С.В., к.ф.-м.н.

Савостина Л.И., к.ф.-м.н.

Яцык И.В., к.ф.-м.н.

ББК 24.3
© Авторы, 2014

Содержание

МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО	5
М. М. Бакиров Развитие метода разделения обменного и диполь-дипольного взаимодействий в перенос спиновой когерентности между нитроксильными радикалами в растворах	7
М. А. Белините Адсорбция и молекулярная характеристика клеток человека на искусственных поверхностях для целей биобанка	10
А. М. Мазитова Разработка панели генетических маркеров привычного невынашивания беременности	14
А. Р. Хаирутдинова Исследование влияния стволовых клеток на формирование объема костной ткани в зонах дентальной имплантации для разработки способа наращивания кости в объеме	16
А. И. Харрасова Применение углеродных композитных материалов при замещении дефектов зубных рядов при частичном и полном отсутствии зубов	20
СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИХ СОЗДАНИЯ ...	25
А. В. Алексеев Исследование одноосной магнитной анизотропии тонких плёнок силицида, ионносинтезированных во внешнем магнитном поле правила оформления	27
Г. Г. Арсланова Перспективный синтез и эффективность стабилизирующего действия 4,4'-метилен-бис(2,6-ди-трет-бутилфенол)а и 2,2'-метилен-бис(2,4-ди-трет-бутилфенол)а в полиолефинах и каучуках	30
А. А. Валиуллин Исследования свойств магнитных тонких пленок для устройств записи и хранения информации	34
М. Р. Гарипов Новые органические преобразователи лазерного излучения	37
Д. К. Жарков Разработка и исследование свойств новых нанокomпозиционных материалов на основе полупроводниковых нанокристаллов CdS и CdSe в полимерах с целью создания новых сред с заданными нелинейными оптическими свойствами	41
К. А. Медведева Стойкие к воздействию микроорганизмов полимерцементы, содержащие в качестве связующего эпоксидаминную систему	43
И. Ф. Сайфутдинова Энергосберегающее покрытие с фотокаталитическими свойствами	47
А. А. Суханов Эффект магнитного упорядочения в молекулярных кластерах Fe_2Dy_2	50
Н. И. Халитов Синтез тонкопленочных мультиферроиков на основе титаната бария	54

К. Р. Шарипов <i>Исследование физических свойств многофазных магнитных систем</i>	59
НОВЫЕ ПРИБОРЫ И АППАРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ	63
Р. Б. Зарипов <i>Использование пакета matlab для создания программы обработки экспериментальных данных</i>	65
А. Б. Конов <i>Идентификация жидких взрывчатых и запрещённых веществ с помощью методом ЯМР</i>	67
И. Р. Ситдигов <i>Создание аппаратно-программного комплекса для управления устройством измерения однородности основного магнитного поля магнитно-резонансного томографа.</i>	71
Б. Ф. Фаррахов <i>Разработка способов регистрации температуры твердых тел и исследования твердофазной рекристаллизации имплантированных полупроводников при импульсном световом отжиге</i>	75
БИОТЕХНОЛОГИИ	77
Ф. С. Ахатова <i>Разработка метода детекции наночастиц при помощи гиперспектрального анализа в различных живых системах</i>	79
Д. Л. Илюхина <i>Антимикробные свойства штамма <i>panthoea vagans</i> 3.2</i>	81
К. Б. Конов <i>Исследование влияния сахаров на динамические свойства липидной мембраны</i>	85
А. Р. Сабирова <i>Разработка метода восстановления структуры деградированной днк и полногеномной амплификации</i>	87
А. А. Тойменцева <i>Новая система продукции рекомбинантных белков как основа для получения фармацевтических препаратов</i>	89

Медицина будущего

РАЗВИТИЕ МЕТОДА РАЗДЕЛЕНИЯ ОБМЕННОГО И ДИПОЛЬ-ДИПОЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В ПЕРЕНОС СПИНОВОЙ КОГЕРЕНТНОСТИ МЕЖДУ НИТРОКСИЛЬНЫМИ РАДИКАЛАМИ В РАСТВОРАХ

Бакиров М.М.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
Казанского научного центра Российской академии наук (КФТИ КазНЦ
РАН), Российская Федерация, Республика Татарстан, 420029, г. Казань,
ул. Сибирский тракт д. 10/7*

E-mail: pinas1@yandex.ru

Теоретическое и экспериментальное изучение бимолекулярных столкновений постоянно находится в фокусе внимания ученых. Например, во многих случаях в медицине важно знать концентрацию кислорода. Радиационное воздействие на организм сильно зависит от pO_2 . Создание методов, которые позволяют измерять концентрацию кислорода весьма актуальная задача. Кислород является парамагнитной частицей, но его времена релаксации настолько короткие, что не позволяют регистрировать ЭПР на молекулах кислорода. Но концентрацию кислорода можно измерить по уширению линий спектра ЭПР парамагнитных меток, которые введены в систему. Бимолекулярные столкновения меток с кислородом уширяют линии ЭПР метки. Из эксперимента определяется частота этих двойных столкновений и, следовательно, концентрация кислорода. Такой метод обладает высокой чувствительностью к pO_2 и дает возможность говорить о распределении O_2 по объему того или иного органа. Спиновые метки не токсичны и стабильны в различных тканях организма. Важным преимуществом метода является возможность наблюдать кислород в режиме реального времени, а также возможность повторить исследование этой же области ткани спустя несколько дней, недель или даже месяцев. Исследования двойных столкновений парамагнитных частиц позволяют получить важную информацию о доступности функциональных групп белков для низкомолекулярных субстратов.

В большинстве случаев в качестве парамагнитных меток используют стабильный нитроксильный свободный радикал. Спектры ЭПР этих радикалов исследованы во многих работах. Однако при описании ЭПР нитроксильных радикалов часто используют упрощенные алгоритмы, не учитывающие все процессы, обусловленные обменным и диполь-дипольным взаимодействиями. Еще менее изучена ситуация для заряженных частиц. Кулоновское взаимодействие существенно влияет на статистику столкновений частиц. Учитывая, что в биологических системах нередко приходится иметь дело с заряженными частицами, актуальным является теоретический анализ спинового обмена при двойных столкновениях заряженных парамагнитных частиц. Одной из важных проблем является разделение вкладов обменного и диполь-дипольного взаимодействий.

В [1] был предложен алгоритм разделения вкладов обменного и диполь-дипольного взаимодействий из анализа формы линии ЭПР свободных нитроксильных радикалов в растворах. Для апробирования предложенного [1] алгоритма разделения вкладов в трансформацию спектра ЭПР мы исследовали методом ЭПР 4-oxo-2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidinyloxy (Темпон, $C_9H_{16}NO_2$) при температурах 283-328K в 60% водно-глицериновом растворе. Вязкость раствора в эксперименте изменяется от 3,7 до 17,4 мПа·с. В концентрационное уширение и сдвиг линий вносят вклад два взаимодействия – гейзенберговское обменное взаимодействие и диполь-дипольное взаимодействие. Только вклад обменного взаимодействия непосредственно связан с интересующими нас столкновениями спиновых меток. Поэтому, для того, чтобы понимать взаимодействие между молекулами кислорода и радикала, необходимо понимать взаимодействие между радикалами и очень важно разделить вклады этих взаимодействий в концентрационное уширение линий ЭПР.

Установлено, что зависимость ширины линии ЭПР радикала от концентрации имеет нелинейность при малых концентрациях, она связана с неоднородным уширением линии ЭПР. Ожидается, что при определенном значении концентрации радикалов обменное взаимодействие усредняет неоднородность компонент спектра ЭПР. Они становятся однородно уширенными. Эти указанные обстоятельства не учитывались в работе [1]. Поэтому необходимо модифицировать алгоритм, предложенный в [1].

В нашей лаборатории теоретиками параллельно развивается теория для численных расчетов скорости спинового обмена между заряженными парамагнитными частицами в растворах для спиновой матрицы плотности с учетом двойных столкновений. Моей задачей будет экспериментально провести систематические исследования и протестировать теорию на конкретных системах заряженных радикалов.

ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

Исходя из современного состояния интерпретации ЭПР нитроксильных радикалов задачи проекта формулируются следующим образом:

1. Модификация алгоритма разделения вкладов гейзенбергского обменного и диполь-дипольного взаимодействий в форму спектров ЭПР свободных нитроксильных радикалов в разбавленных растворах с учетом неразрешенной сверхтонкой структуры, обусловленной метильными группами с целью получения более корректных значений частот бимолекулярных столкновений.
2. Провести систематические исследования и протестировать теорию бимолекулярного спинового обмена в растворах заряженных парамагнитных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] K. Salikhov, *Appl Magn Reson.* **38** (2010) 237.

АДСОРБЦИЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛЕТОК ЧЕЛОВЕКА НА ИСКУССТВЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ БИОБАНКА

М. А. Белините и А. Н. Фаттахова

К(П)ФУ 420008, Казань, ул. Кремлевская, 18
e-mail: labasritas@yandex.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Разработка лекарств, создание диагностических тест-систем, поиск молекулярных мишеней требует использования огромного числа высококачественных, хорошо охарактеризованных образцов тканей человеческого происхождения. Когда учёный выдвигает гипотезу о том, что нарушенная экспрессия конкретного гена в тканях приводит к повышению риска развития сахарного диабета, для её проверки ему могут быть необходимы сотни образцов жировой ткани от страдающих диабетом людей, а также от здоровых людей того же возраста. Следовательно, необходимо создание хранилища образцов биоматериала и медицинских сведений. Таким хранилищем является биобанк, который служит посредником между донорами биологического материала (образцов крови, костного мозга, и т. д.) и научными сотрудниками исследовательских подразделений. Исходя из этого, можно сделать вывод, что биобанк — это ключевой инструмент прогресса персонализированной медицины и создания лекарственных средств в целом. Ключевыми результатами развития сети биобанков являются - исследование функции генов, установление связей генов с заболеваниями, обнаружение новых терапевтических мишеней, идентификация и валидация биомаркеров заболеваний [1].

На современном этапе развития биомедицинской науки биобанки зарекомендовали себя важным инструментом в клинических и научных исследованиях, проводимых для разработки биомаркеров, методов генной терапии, диагностических тестов и новых лекарственных препаратов, а также для изучения этиологии заболеваний человека. В то же время большинство биобанков остаются разрозненными и функционируют в условиях отсутствия единых стандартов хранения и критериев качества биологических образцов. Такие требования должны быть учтены в полной мере при проектировании биобанков следующего поколения. Наряду с крупными государственными биобанками активно развиваются и частные, принадлежащие лидирующим компаниям фармацевтической отрасли [2].

На сегодняшний момент в Европе насчитывается около 150 биобанков, из них 2 биобанка (Великобритания) имеют международную сертификацию на хранение и продажу пуповинной крови и пуповинной ткани.

Биофармацевтическая компания AstraZeneca, Биофонд РВК и Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова решили создать единственный в России биобанк. Также планируется создание биобанков в Казани (КФУ).

Биобанк содержит как ткани, так и клеточные линии, полученные из тканей пациентов, которые также являются коммерческим продуктом. Клеточные линии, как коммерческий продукт, должны быть сертифицированы, не должны приобретать опухолевый фенотип и содержать патогены, должны сохранять способность образовывать ткань. Для содержания тканей различного происхождения необходима технология и СОПы (специальные операционные процедуры), основанные на биохимическом, молекулярно-биологическом и генетическом доказательстве коммерческих свойств клеточных культур.

Целью нашей работы является разработка технологии содержания клеток для биобанкинга и персонализированной медицины.

Решением данной проблемы будет созданная технология сертификации клеточных линий для целей биобанка на искусственных и естественных 2D и 3D структурах.

2. ИННОВАЦИОННОСТЬ ПРОЕКТА

Долгосрочное хранение клинических образцов будет критически важным фактором роста рынка биобанкинга [3]. Разработанная технология будет адаптирована к биобанку на базе КФУ и к новым биобанкам на базе коммерческих структур.

3. СОСТОЯНИЕ РАБОТ НА МОМЕНТ ПОДАЧИ ЗАЯВКИ

Проведена работа по анализу эффективности культивирования клеточных линий на искусственных носителях. Доказали значительное увеличение количества клеток и образование агрегатов на этих поверхностях (Рисунок 1, 2, 3, 4, 5, 6), а также прикрепление клеток к модифицированному носителю за счет наличия белков адгезии клеток (Рисунок 6).

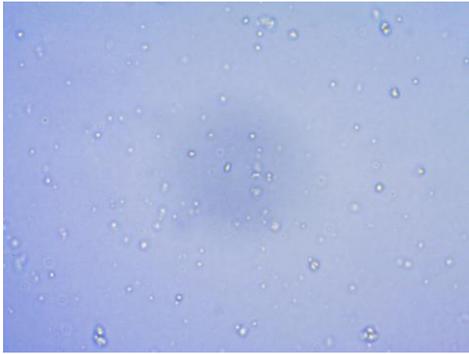


Рисунок 1. Культивирование гепатоцитов на пластике (Ув. 40).

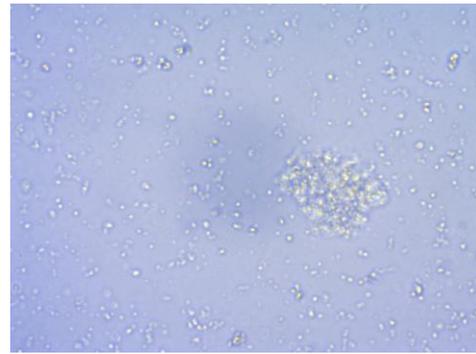


Рисунок 2. Культивирование гепатоцитов на искусственном носителе (Ув. 40).

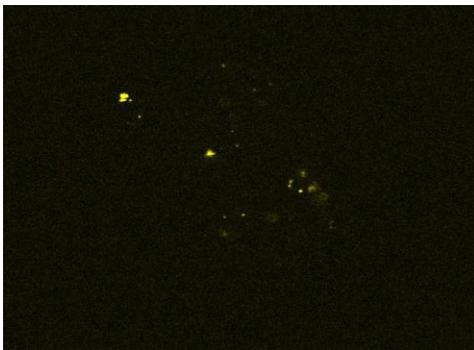


Рисунок 3. Культивирование гепатоцитов на пластике. Флуоресцентная микроскопия (Ув. 40).

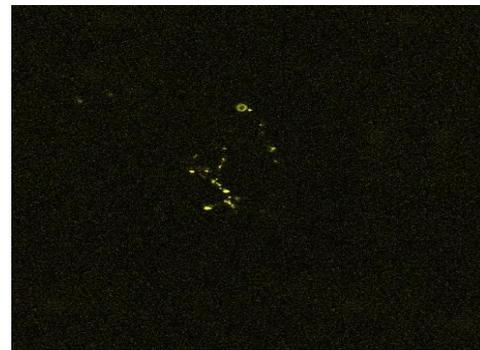


Рисунок 4. Культивирование гепатоцитов на искусственном носителе. Флуоресцентная микроскопия (Ув.40).



Рисунок 5. Культивирование фибробластов на пластике (Ув. 20).



Рисунок 6. Культивирование фибробластов на искусственном носителе (Ув. 20).

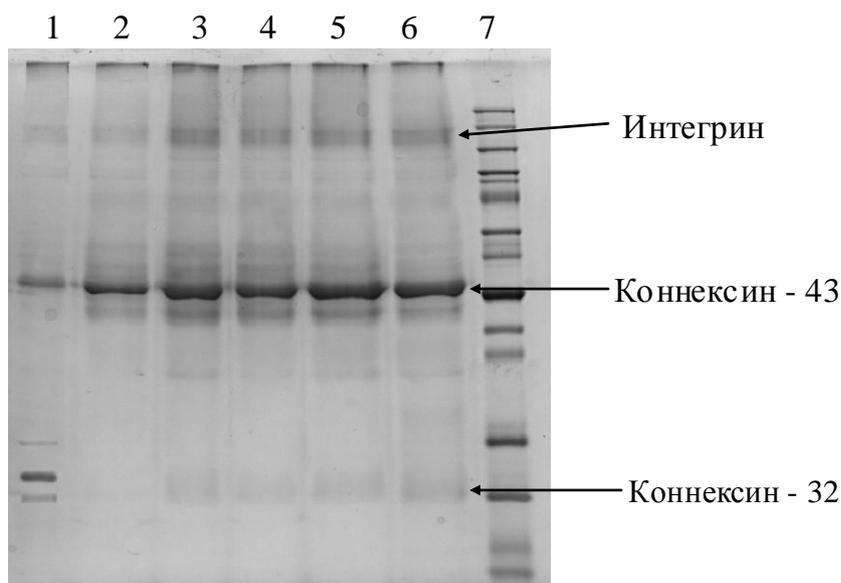


Рисунок 7. Электрофореграмма белков фибробластов в ПААГ с SDS: 1 – белки фибробластов после выделения; 2 – белки фибробластов, снятые с пластика; 3, 4, 5, 6 – белки фибробластов, снятые с искусственного носителя; 7 – маркер.

На типичной электрофореграмме предположительно выявлены белки адгезии с молекулярной массой характерной для коннексинов и интегринов.

Таким образом, клетки образуют тканеподобные агрегаты на искусственном носителе.

Разработанная технология длительного содержания клеточных культур, обладающих способностями образовывать ткань, является основным фактором успешного развития биобанка как коммерческой структуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Селищева Е. В. *Биобанк* ФГБУ ФМИЦ им. В. А. Алмазова http://www.almazovcentre.ru/?page_id=4750.
- [2] Н. А. Трофимов, *Отрасль биобанков в ближайшем будущем* РАН, Москва (2012).
- [3] Frost & Sullivan, *Рынок биобанкинга*, Москва (2013).

РАЗРАБОТКА ПАНЕЛИ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ ПРИВЫЧНОГО НЕВЫНАШИВАНИЯ БЕРЕМЕННОСТИ

А.М. Мазитова, Г.А. Павлова

*Казанский (Приволжский) Федеральный Университет, Институт
Фундаментальной медицины и Биологии, Кафедра Биохимии
e-mail:sashamazitova@mail.ru*

1. АКТУАЛЬНОСТЬ

Привычное невынашивание (ПНБ) относится к патологиям беременности, частота которого, по данным ВОЗ, составляет от 10 до 25% всех беременностей и является интегрированным ответом женского организма на любое неблагополучие в состоянии здоровья беременной и плода, окружающей среды и других факторов.

Причинами ПНБ могут служить различные нарушения в функционировании иммунной системы, гормональные расстройства, анатомические факторы (например, пороки развития матки). Определенное значение в патогенезе прерывания беременности имеет активация местных факторов: простагландинов, цитокинов, кининов, гормонов и факторов роста, медиаторов, систем фибринолиза и свертывания крови. В прерывании беременности второй половины существенную роль играет повышение возбудимости и сократительной деятельности матки под воздействием вышеупомянутых факторов[1].

В последние годы появилось все больше данных, свидетельствующих о роли генетических факторов в развитии ПНБ, причем генетическая природа очень разнообразна. Основными наследственными причинами невынашивания беременности на ранних сроках развития являются хромосомные абберации, которые регистрируются практически у 70% абортусов, остальные 30% относят к идиопатическим, причины которых установить не удается.

На сегодняшний день, генетическое тестирование предрасположенности к ПНБ основано на выявлении ряда мутаций в генах системы гемостаза (факторы свертывания II, V, XI, XII и некоторых других), генах фолатного цикла (MTHFR, MTRR), генах, участвующих в регуляции артериального давления (ACE, AGT), но они являются лишь косвенными генетическими маркерами, поскольку отвечают и за формирование предрасположенности ко многим мультифакторным заболеваниям (например, сердечно-сосудистым).

2. ПЛАН ПРОЕКТА

Целью данного исследования является выявление специфических генетических, а также эпигенетических маркеров предрасположенности к ПНБ.

Научная новизна данного проекта заключается в расширении генетических и эпигенетических маркеров, которые будут выявлены при формировании групп риска данной патологии, проведения на них профильных мероприятий с целью исключения самопроизвольного выкидыша. В частности, планируется провести анализ ассоциации с риском развития ПНБ полиморфизма следующих генов [2,3]:

1. провоспалительных цитокинов (ИЛ-1 β , ИЛ-6, ИЛ-8, ИЛ-10, ФНО- α)
2. гормонов и их рецепторов (в первую очередь, прогестерона)
3. плацентарного протеина 14

и оценка уровня их экспрессии методом ПЦР в реальном времени и вестерн-блоттинга.

Учитывая то, что ежегодно в РТ регистрируется около 45000 пациенток с ПНБ и статистика не имеет тенденции к снижению, выявление риска развития ПНБ на ранних сроках, желательно до наступления беременности, позволит принять соответствующие профилактические меры по предотвращению потери ребенка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] В.С. Баранов, Т.Э. Иващенко, А.С. Глотов, *Определение наследственной предрасположенности к некоторым чистым заболеваниям при беременности*, Н-Л, Санкт-Петербург (2009).
- [2] L.D.Klentzcris, J.N.Bulmer, M.Seppala, T.C.Li, M.A.Warren, I.D.Cooke, *Placenta protein 14 in cycles with normal and retarded endometrial differentiation*, Hum Reprod; 9: 394-398 (1994).
- [3] F. Feroze-Zaidi, L. Fusi, M. Takano, J. Hqham, M.S. Salker, T. Goto, S. Edassery, K. Klinqel, K.M. Boini, M. Palmada, R. Kamps, P.G. Groothuis, E.W. Lam, S.K. Smith, F. Lanq, A.M. Sharkey, J.J. Brosens, *Role and regulation of the serum- and glucocorticoid-regulated kinase 1 in fertile and infertile human endometrium*. Endocrinology 148(10) (2007).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТВОЛОВЫХ КЛЕТОК НА ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕМА КОСТНОЙ ТКАНИ В ЗОНАХ ДЕНТАЛЬНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СПОСОБА НАРАЩИВАНИЯ КОСТИ В ОБЪЕМЕ

А.Р.Хаирутдинова

Стоматологическая поликлиника №9, Казань, ул.Гагарина, 20А
ajgele4ka@mail.ru

В настоящее время стало возможным получать из организма взрослого человека (костный мозг, подкожно-жировая клетчатка, дерма) его собственные (ауто-) стволовые клетки, длительно культивировать с сохранением их первоначального фенотипа. Стволовые клетки способны превращаться в необходимые организму клетки (костные, гладкомышечные, печеночные, сердечной мышцы или даже нервные), стимулируя внутренние резервы организма к регенерации (восстановлению) органа или ткани. [1].

В доступных источниках нет данных о применении стволовых клеток в качестве аутогенного материала при направленной тканевой регенерации костной ткани в челюстно-лицевой области. В связи с этим актуальным является экспериментально-морфологическое обоснование эффективности применения стволовых клеток, полученных из жировой ткани с остеокондуктивными материалами (пористые материалы из сплава никелида-титана, ксеногенный костный матрикс и др.) и мембраной для восстановления сегментарного дефекта альвеолярного отростка челюстей при дентальной имплантации для наращивания объема костной ткани.

Перспективность использования стволовых клеток жировой ткани обусловлена доступностью биологического материала и легкостью наращивания в условиях культивирования *in vitro*. Жировая ткань, которая часто и безболезненно удаляется во время операций по коррекции тела у пациентов (липоаспирации, блефаропластика), представляет собой ценный материал для получения стволовых клеток. [2].

Цель исследования — исследовать особенности формирования кости альвеолярных отростков челюстей на основе применения остеокондуктивных материалов, насыщенных стволовыми клетками и мембраны для наращивания объема костной ткани.

Для достижения поставленной цели были разработаны следующие *задачи*:

1. Разработка экспериментальной модели - сегментарного дефекта альвеолярного отростка челюстей, дефекта кости после интеграции вокруг имплантатов на собаках.

2. Исследовать динамику образования костной ткани с использованием мембраны, остеокондуктивных материалов насыщенных стволовыми клетками которые выделялись из жировой ткани.

3. Экспериментальное исследование особенности формирования кости при замещении костных дефектов остеокондуктивными материалами насыщенные стволовыми клетками с мембраной и без мембраны.

4. Исследовать плотность костной ткани, сформированной при использовании остеокондуктивных материалов насыщенных стволовыми клетками и мембраной.

5. Разработка методики наращивания костной ткани в зонах имплантации с дефектом альвеолярного отростка с применением остеокондуктивных материалов насыщенных стволовыми клетками и мембраной.

Научная новизна заключается в исследовании особенности формирования кости на основе применения остеокондуктивных материалов («пористые никелид-титановые гранулы-NiTiгран) насыщенных стволовыми клетками, полученные из жировой ткани для формирования объема кости при сегментарных дефектах челюстей в эксперименте на собаках с последующим применением метода глубокого травления для подготовки новообразованного костного блока для гистологического исследования.

Эксперименты на собаках будут проведены в экспериментальной лаборатории кафедры патологии мелких животных и оперативной хирургии Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. Стволовые клетки будут получены в результате переработки жировой ткани собак на кафедре генетики КФУ.

Проведение данного эксперимента состоит из следующих этапов:

1. Забор жировой ткани у собак
2. Переработка жировой ткани и выделение стволовых клеток.
3. Разработка модели беззубого участка непосредственно после удаления зубов и создание дефекта кости в области отсутствующих зубов.
4. Заполнение дефекта костной ткани: стромально-васкулярной фракцией с остеокондуктивными материалами (пористые материалы из сплава никелида-титана, ксеногенный костный матрикс и др.) и мембраной.

5. Ушивание раны.

Проведение эксперимента должно сопровождаться рентгенологическими исследованиями и клиническими наблюдениями с забором костных блоков через 1, 3, 6 мес.

Для морфологического исследования процессов, протекающих вокруг пористых материалов, из сплава никелида титана предварительно удаляется пористый порошок, используя методику глубокого травления по Миргазизову, препараты костных блоков декальцинируются, делаются парафиновые срезы и окрашиваются гематоксилином и эозином и по Ван-Гизону.

Частичное отсутствие зубов (частичная вторичная адентия) является одним из самых распространенных заболеваний: по данным Всемирной организации здравоохранения, им страдают до 75% населения в различных регионах земного шара. Лечение таких пациентов осложняется тем, что у них наиболее часто встречаются различного рода и степени выраженности изменения параметров альвеолярных отростков челюстей. В последнее время применяются различные методы направленные на увеличение и оптимизацию параметров альвеолярных отростков. Нарращивание же костной ткани в зоне сегментарного дефекта челюстей с использованием остеокондуктивных материалов насыщенных стволовыми клетками и мембраной является перспективной методикой увеличения кости в объеме. [3]

Результаты исследования планируется внедрить в практическую деятельность стоматологических клиник г. Казани и РФ, в учебные процессы на кафедрах стоматологии университетов, институтов, академий; в практике ветеринарной медицины, в травматологии и ортопедии.

План реализации идеи:

1-ый год:

- 1) «Теоретическое обоснование целесообразности применения способа наращивания костной ткани с помощью стволовых клеток»
- 2) «Экспериментальное обоснование заявленного способа»

2-ой год:

- 3) «Клиническое обоснование и диагностическая оценка способа»

Проект потенциально интересен:

- кафедрам стоматологии высших учебных заведений,
- стоматологическим клиникам как в нашем городе, так и за его пределами.
- потребителям конечного продукта,
- в клинике ветеринарной медицины,
- врачам-имплантологам, занимающиеся наращиванием костной ткани,
- врачам-ортопедам, травматологам и т.д.

Поддержку готовы оказать:

- кафедра стоматологии и имплантологии ИФМ и Б КФУ,
- кафедра патологии мелких животных и оперативной хирургии Казанской академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана,

-кафедра генетики КФУ.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Интернет газета, *Доктор Айболит*
<http://www.docbolit.ru/st/db/stvolkl.php>

[2] Патент №2354693, *Линия мультипотентных мезенхимных стволовых клеток подкожно-жировой клетчатки человека (papniculus adiposus homo sariense)* для клеточной и тканевой инженерии, Москва, 2009г.

[3] *Частичное отсутствие зубов, Проблемы стандартизации в здравоохранении*, 12, 2004, СТАР, стр.2-3

ПРИМЕНЕНИЕ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЗАМЕЩЕНИИ ДЕФЕКТОВ ЗУБНЫХ РЯДОВ ПРИ ЧАСТИЧНОМ И ПОЛНОМ ОТСУТСТВИИ ЗУБОВ

А.И. Харрасова, Д. И. Сулейманов

*Казанский государственный медицинский университет
(420012, Казань, ул. Бутлерова 49)
e-mail: aharrasova@gmail.com*

Полное или частичное отсутствие зубов в полости рта является не только эстетической проблемой, но и влечет за собой серьезные проблемы для всей челюстно –лицевой области, вызывает системные нарушения и потому требует незамедлительной коррекции [1].

Необходимость морфологических изменений в зубочелюстной системе и восстановление функции жевания объясняет предъявление высоких требований к конструкции и материалу будущего протеза: отсутствие канцерогенности, инертность по отношению к живым тканям, достаточный запас механической прочности, стойкость к воздействию внутренней среды организма. Большое значение имеет простота стерилизации и снижение затрат при производстве [2].

Ведущее место среди причин высокой стоимости можно назвать: дорогостоящие способы изготовления, дорогие материалы для протезирования зубов и современных технологий крепления.

Сегодня в качестве ортопедических лечебных средств при потере зубов могут быть использованы:

- мостовидные протезы, опирающиеся чаще всего на соседние зубы и передающие нагрузку физиологическим путем;
- пластиночные протезы, которые передают нагрузку на костную ткань
- бюгельные (дуговые протезы, воспринимающие нагрузку и передающие ее через периодонт и слизистую оболочку альвеолярного отростка на кость).

В составе всех съемных протезов имеется базис, удерживающие элементы и искусственные зубы.

Виды материалов – сплавы металлов и различные полимеры. Толщина базиса из акриловой пластмассы в среднем составляет 2мм, металлический базис имеет толщину от 0,5 до 1 мм [1,2].

Больные легче переносят металлические базисы, быстрее адаптируются к ним, но хорошая теплопроводность металла оказывает отрицательное воздействие при приеме горячей пищи. Базисы съемных

протезов из нейлона вызывают давление протеза на ткани протезного ложа и ускорение их атрофии. Кроме того, отдельные компоненты сплава могут вызывать аллергические реакции, гальванизацию [2]. Самый распространенный сплав - КХС в ортопедической стоматологии применяется для изготовления каркасов бюгельных и дуг частично съемных протезов. Высокая температура плавления вызывает необходимость при отливках применять формы из огнеупорных формовочных материалов. Базисы съемных протезов из нейлона вызывают давление протеза на ткани протезного ложа и ускорение атрофии альвеолярных отростков челюстей [1].

Таким образом, сохраняется необходимость в поиске нового материала, удовлетворяющего требованиям функциональности и безопасности. [6]

Целью работы явились обоснование применения углеродных материалов в качестве базисов при полном и частичном съемном протезировании, разработка оптимальной конструкции съемного протеза.

Углепластики (карбопластики, углеродопласты) — это композиты, содержащие в качестве наполнителя углеродные волокна. Высокие значения прочности и жесткости, низкая плотность, химическая инертность, тепло- и электропроводность, высокая усталостная прочность и низкая ползучесть, высокая радиационная стойкость и низкие значения коэффициента линейного расширения определяют перспективность данного материала в промышленности и медицине [5,6].

Преимущества базисов съемных протезов из карбона перед базисами из других материалов – создание точных, лёгких и прочных протезных каркасов, не дающих усадки или расширения, и которые в короткие сроки могут быть изготовлены в любой зуботехнической лаборатории, не прибегая к использованию громоздкого оборудования [2]. Все это позволит улучшить биоинтеграцию, проприоцептивные свойства и комфорт пациента. Анизотропность позволяет придать конструкции любые требуемые характеристики. Свойства материала позволяют исключить наиболее дорогостоящий и сложный лабораторный этап- литье металлического каркаса, его механическая обработка, шлифовка, полировка. [1,5].

2. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Экспериментальной моделью для исследований был выбран частично съемный пластиночный протез с дугой из углепластика.

Для изготовления протеза использовалась углеткань SIGRATEx KDK фирмы SGL GROUP The Carbon Company, Германия. [3]

Эпоксидная смола Larit L- 285 фирмы MGS, Германия.

Гарнитуры зубов акриловые Gnathostar, фирмы Ivoclar Vivadent, Швейцария.

Базисная пластмасса горячей полимеризации Basis Quick производитель Yamahachi Dental MFG., CO., Япония.

Используемое волокно создано предприятием, которое специализируется на авиационном производстве. [4]

Преимущества углепластика перед металлами, пластмассами – легкость, высокая прочность и биосовместимость, низкая теплопроводность, простота в изготовлении и легкость последующей обработки, высокий модуль упругости. Недостатки – черный цвет и отсутствие химической связи с композитными пломбирочными материалами [4,6]

3. ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

В ходе выполнения проекта планируется решить две группы задач – клинические и лабораторные.

Лабораторные:

механические испытания. испытания динамического модуля упругости и замер внутреннего трения (IF), модуля Юнга, испытания на разрушение, нагрузку при изгибе и сжатии для определения оптимального соотношения толщины и прочности.

Разработка инертного состава полимерной матрицы и последующая коррекция режимов полимеризации.

Механизмы механической фиксации с ортопедическими пластмассами.

Коррекция цвета конструкции для улучшения эстетических свойств.

Клинические:

Функциональные аспекты постановки зубов.

Определение факторов способствующих наилучшей фиксации и стабилизации протезов в полости рта.

Возможности припасовки, коррекция протеза в клинике.

Адаптационные особенности при ношении протезов с функциональными элементами из углепластика.

Аллергологические и цитотоксические пробы.

Особенности гигиены полости рта при наличии ортопедических конструкций из углепластика.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] И.Ю.Лебедеико, *Руководство по ортопедической стоматологии. Протезирование при полном отсутствии зубов*, ООО «Медицинское информационное агенство», Москва (2005)
- [2] В.Н.Трезубов, *Ортопедическая стоматология: прикладное материаловедение: учебник для студентов*, МЕДпресс-информ, Москва (2008)
- [3] Technische Information SIGRATEx® Woven Fabrics, *Reinforcing Materials for Fiber Composites*, Germany (2013)
- [4] ООО «ДЕИ УкраИна», *Система для изготовления протезных каркасов из углеродного волокна*, Черновцы (2012)
- [5] А.М.Еловиков, *Пластика костных дефектов и полостей конструкциями, изготовленными из углерод-углеродного материала "Углекон-М" при хирургических вмешательствах на околоносовых пазухах*, Пермь (2003)
- [6] В.Л.Скрябин, *Новые углеродные материалы в реконструктивной хирургии костей и суставов*, Пермь (2010)

Современные материалы и технологии их создания

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНООСНОЙ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ ТОНКИХ ПЛЁНОК СИЛИЦИДА, ИОННОСИНТЕЗИРОВАННЫХ ВО ВНЕШНЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ

Алексеев А. В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского

Казанского научного центра Российской академии наук (КФТИ КазНЦ РАН), Российская Федерация, Республика Татарстан, 420029, г. Казань,

ул. Сибирский тракт д. 10/7

E-mail: alekceevanton@gmail.com

Целью проекта является установление механизма воздействия магнитных и механических полей на процесс формирования методом ионно-лучевого синтеза наноструктурированных магнитно-анизотропных плёнок и разработка технологии их получения.

Объектом нашего исследования является ферромагнитный силицид железа Fe_3Si . Это стехиометрическое соединение с близкими к кремнию параметрами решётки, что позволяет легко интегрировать данное соединение в полупроводниковые структуры. Преимуществом Fe_3Si по сравнению со сплавами подобного рода является более лёгкий контроль процесса его создания, благодаря бинарной природе данного соединения. Кроме того, силициды обладают хорошей адгезией к кремнию и оксиду кремния, стойкостью к окислению и коррозии, а также высокой термостабильностью. Интерес научного сообщества вызывает энергетический переход электронов проводимости на границе между кремнием n-типа и Fe_3Si . Данный переход является поляризующим и может быть реализован для создания устройств спинтроники.

Объект исследования на данный момент находится в стадии лабораторной разработки и изучения характерных магнитных свойств и электронной проводимости. В случае успешных исследований результатом работы по данному проекту будет определение оптимальных характеристик материала и параметров внешних воздействий, при которых достигаются наилучшие значения поляризационных свойств. Перспективным развитием данного проекта является внедрение данной технологии в различные области спинтроники с последующей

реализацией на рынке цифровых технологий. Данная отрасль является перспективным направлением развития электроники в целом, поскольку эффективность устройств спинтроники в разы превышает эффективность ныне существующих электронных приборов и позволяет открывать новые возможности. К примеру, на данный момент одна из передовых областей исследования спинтроники посвящена созданию процессоров, обладающих возможностью распознавания образов. При этом ключевым моментом в строении данного процессора является наличие его составляющих элементов одноосной магнитной анизотропии, изучению которой посвящен данный проект.

Для создания Fe_3Si эффективными являются методы низкотемпературной эпитаксии и ионной имплантации. В нашем исследовании используется последний из вышеуказанных методов, поскольку он обладает возможностью управления локальными магнитными свойствами. При этом синтез проводится в различных кремниевых подложках при различных дозах ионной имплантации. Данный подход к созданию образцов необходим для установления дозовой зависимости магнитных свойств тонких плёнок. Наиболее эффективным для изучения поверхностей ионносинтезированных тонких плёнок является метод магнитооптического эффекта Керра. Специально для исследований данным методом в нашей лаборатории был создан оригинальный сканирующий магнитополяриметр.

Среди наиболее интересных результатов можно выделить следующее: в интервале доз $1.8 \cdot 10^{17}$ ион/кв.см. до $3.0 \cdot 10^{17}$ ион/кв.см. синтезированные плёнки являются ферромагнитными и проявляют ярко выраженную одноосную анизотропию. Установлена зависимость коэрцитивной силы и поля анизотропии от дозы имплантации. Выдвинуто предположение что, наблюдаемая дозовая зависимость коэрцитивного поля связана с размером частиц и может быть описана в рамках модели Герцера.

В отличие от известных методов, разработанная методика позволяет построить распределение магнитных характеристик по поверхности образца. В частности, благодаря исследованиям, проведённым методом сканирующей магнитополяриметрии, была определена зависимость направления ОЛН от внешних механических напряжений, приложенных во время синтеза.

Для изучения топографии и плоскостной неоднородности магнитных свойств планируется использовать методы атомно-силовой микроскопии (АСМ) и магнитно-силовой микроскопии (МСМ). Кроме того, для исследования магнитных свойств синтезированных плёнок будет применяться метод ферромагнитного резонанса (ФМР) на ЭПР-спектрометре L-диапазона, используя режим томографирования.

Очевидно, что возможность локального исследования поверхностей несколькими взаимодополняющими методами позволит

получить детальную информацию о влиянии режимов и условий ионного синтеза на магнитные свойства образцов, в том числе и на их высокочастотные характеристики.

Планируется методом ионно-лучевого синтеза получить серии образцов ферромагнитных силицидов переходных 3d-металлов в разных кремниевых мишенях при различных режимах. Кроме того, будет проведен анализ полученных экспериментальных результатов, приведено сравнение с результатами теоретических расчетов и установлена применимость различных моделей для описания дозовых зависимостей магнитных характеристик. При этом план действий можно условно разделить на несколько этапов:

Результатом работы по данному проекту будет определение оптимальных режимов имплантации и параметров внешних воздействий, при которых достигается наилучшие значения качественных характеристик.

При успешном развитии данного проекта возможно внедрение данной технологии в различные отрасли магнитоэлектроники и спинтроники с последующей реализацией на рынке цифровых технологий.

Публикации:

1. G.G. Gumarov, R.A. Khalikov, D.A. Konovalov, A.V. Alekseev, V. Y. Petukhov, V.A. Zhikharev, V.I. Nuzhdin. Scanning MOKE investigation of ion-beam-synthesized silicide films, Nucl. Instr. Meth. B (2011), doi:10.1016/j.nimb.2011.08.056.

2. G.G. Gumarov, R.A. Khalikov, D.A. Konovalov, A.V. Alekseev, V. Y. Petukhov, V.A. Zhikharev, V.I. Nuzhdin, Scanning MOKE Investigation of Ion-Beam-Synthesized Silicide Films, Book of Abstracts of European Materials Research Society (E-MRS) Spring meeting, Symposium B: Ion beam synthesis and modification of nanostructured materials and surfaces, France, Nice, May 9-13, 2011, PB1-11, P.10.

3. Г.Г. Гумаров, А.В. Алексеев, В.Ю. Петухов, Д.А. Коновалов, В.Ф. Валеев «Влияние дозы имплантации на магнитные свойства силицидных плёнок, синтезированных во внешнем магнитном поле», Материалы 9-ой международной конференции «Взаимодействие излучений с твердым телом», 20-22 сентября, Минск, Беларусь, с. 208-209.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ СИНТЕЗ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ 4,4'-МЕТИЛЕН-БИС(2,6-ДИ-ТРЕТ-БУТИЛФЕНОЛ)А И 2,2'-МЕТИЛЕН-БИС(2,4-ДИ-ТРЕТ-БУТИЛФЕНОЛ)А В ПОЛИОЛЕФИНАХ И КАУЧУКАХ

Арсланова Г.Г., Сайгитбаталова С.Ш.

ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
420015, Казань, ул. К.Маркса, 68,
e-mail: super-gulnaz-ru@ya.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Для защиты полимеров, от различных видов старения необходимо введение стабилизаторов, которые увеличивают срок их службы. В первую очередь это относится к антиоксидантам, поскольку основным видом старения полимеров является окисление и термоокисление. В силу ряда преимуществ в качестве антиоксидантов все большее значение приобретают замещенные фенольные соединения [1].

Высокой стабилизирующей способностью обладают бисфенолы и полифенолы, имеющие в положении 2 и 6 по отношению к гидроксильной группе алкильные заместители [1]. Промышленный метод получения бисфенолов такого строения заключается в реакции дизамещенных фенолов с формальдегидом в условиях кислотного катализа. Таким методом получают, в частности, стабилизатор широкого спектра действия Агидол 2 (2,2'-метилден-бис(4-метил-6-трет-бутилфенол) – единственный на данный момент стабилизатор фенольного типа, производимый в России. В качестве исходного реагента используют 4-метил-6-трет-бутилфенол [2]. Подобным же методом могут быть синтезированы 4,4'-метилден-бис(2,6-ди-трет-бутилфенол) (бис(2,6-ДТБФ) (I)), 2,2'-метилден-бис(2,4-ди-трет-бутилфенол) (бис(2,4-ДТБФ) (II)) [2]. В качестве исходной фенольной компоненты при этом можно применять 2,6- и 2,4-ди-трет-бутилфенол, соответственно. Данные исходные вещества производятся ОАО «Стерлитамакский нефтехимический завод» под марками Агидол 0 и Агидол 10 [3], а технология их получения является более простой, чем получение 4-метил-6-трет-бутилфенола, используемого в синтезе Агидола 2.

Разработка технологии синтеза бис(2,6-ДТБФ) (I) и бис(2,4-ДТБФ) (II) способствовала бы расширению ассортимента отечественных фенольных стабилизаторов.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Показатель текучести расплава (ПТР) термопласта определяется согласно ГОСТ 11645-83 на капиллярном вискозиметре типа ИИРТ с диаметром капилляра 2,095мм и длиной 7,87мм. Температура испытаний 190°C; вес груза 5 кг.

Физико-механические свойства ПЭНД проводили на разрывной машине Inspect mini. Определение прочностных свойств при растяжении проводим в соответствии с ГОСТ 270-81.

Изучение структуры стабилизаторов проводилось на приборе Avance III-400 фирмы «Bruker» с рабочей частотой 400.17 МГц (1H) при температуре 25°C. Химический сдвиг определялся относительно сигналов остаточных протонов дейтерированного ацетона.

Эффективность антиокислительного действия полимеров, стабилизированных АО в количестве 0,2 % мас. исследовалась методом дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) на приборе DSC1 фирмы Mettler Toledo. Испытания проводили в изотермическом режиме.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для оценки перспективности использования предлагаемых структур метиленбисфенольных стабилизаторов бис(2,6-ДТБФ) (I) и бис(2,4-ДТБФ) (II) необходимо предварительно оценить эффективность их стабилизирующего действия.

Бис(2,6-ДТБФ) (I) и бис(2,4-ДТБФ) (II) были получены по реакции с формальдегидом с использованием методики, приведенной в работе [2].

Строение полученных соединений подтверждено данными ЯМР 1H-спектроскопии, состав – данными элементного анализа (таблица 1)

В ЯМР 1H-спектре 4,4'-метилен-бис(2,6-ди-трет-бутилфенола) (I) наблюдались синглеты протонов метильных групп (CH₃) в области 1,4 м.д., синглет протонов метиленовой (CH₂) группы при 3,80 м.д., синглет протона гидроксильной группы (Ar-OH) при 5,82 м.д. и синглет протонов ароматического кольца (Ar-H) при 7,06 м.д.

В ЯМР 1H-спектре 2,2'-метилен-бис(4,6-ди-трет-бутилфенола) (II) наблюдались синглеты протонов метильных групп (CH₃) в области 1,41 м.д. и 1,23, синглет метиленовой (CH₂) группы при 2,08 м.д., синглет протона гидроксильной группы (Ar-OH) при 3,98 м.д. и дублет протонов ароматического кольца (Ar-H) при 7,08 и 7,19 м.д.

Таблица 1 - Данные элементного анализа

Условное обозначение	Брутто-формула	Элементный анализ, %			
		вычислено		найдено	
		С	Н	С	Н
бис(2,6-ДТБФ) (I)	$C_{29}H_{44}O_2$	82,08	10,38	81,96	10,44
бис(2,4-ДТБФ) (II)	$C_{29}H_{44}O_2$	82,08	10,38	82,42	10,52

Стандартными лабораторными методами проведена оценка эффективности их стабилизирующего действия в полиэтилене (ПЭНД) и каучуке СКИ-3. Критериями эффективности действия стабилизаторов служили продолжительность индукционного периода окисления полимера τ (таблица 2); изменение показателя текучести расплава (ПТР) ПЭНД после термоокисления (таблица 3); изменение физико-механических свойств полиэтилена в ходе термоокисления ПЭНД (таблица 4).

Таблица 2 – Индукционные периоды до начала окисления ПЭНД-273 на воздухе (ДСК, изотермический режим, 190 °С) и СКИ-3 (ДСК, изотермический режим, 140 °С)

Стабилизатор	С, % мас.	СКИ-3, τ , мин	ПЭНД-273, τ , мин
без стабилизатора	-	20	82
Агидол-2	0,2	140	120
бис(2,6-ДТБФ) (I)	0,2	130	130
бис(2,4-ДТБФ) (II)	0,2	120	110

Таблица 3 - Результаты определения ПТР (г/мин) пленок ПЭНД-273 после старения в течение 24 час при 100 °С, $C_{AO}=0,2\%$ мас.

Стабилизатор	$ПТР_0$	$ПТР'$	$(ПТР'/ПТР_0)$
Без стабилизатора	0,8968	0,7572	0,84
Агидол 2	0,6772	0,6744	0,99
бис(2,6-ДТБФ) (I)	0,7600	0,8352	1,09
бис(2,4-ДТБФ) (II)	0,8308	0,9204	1,11

Как видно из экспериментальных данных (таблицы 2-4) эффективность действия бис(2,6-ДТБФ) (I) и бис(2,4-ДТБФ) (II) сравнима с эффективностью действия Агидола-2, что свидетельствует о перспективности разработки технологии их получения.

Таблица 4 - Физико-механические показатели ПЭНД-273, содержащего различные фенольные стабилизаторы, до старения и после термоокислительного старения при 100 °С в течение 24 часов, $C_{AO}=0,2\%$ мас.

Стабилизатор	Удлинение при обрыве ϵB , %			Напряжение разрушения при разрыве σB , МПа		
	ϵB_0	$\epsilon B'$	$\epsilon B_0 - \epsilon B'$	σB_0	$\sigma B'$	$\sigma B_0 - \sigma B'$
без стабилизатора	503	245	258	8,3	12,3	-4,0
Агидол 2	348	183	165	11,1	10,9	-0,2
бис(2,6-ДТБФ) (I)	547	388	159	8,9	11,0	-2,1
бис(2,4-ДТБФ) (II)	393	288	105	8,5	9,5	-1,0

Следует, однако, указать, что формальдегид, используемый при синтезе как Агидола 2, так и предлагаемых бис(2,6-ДТБФ) (I) и бис(2,4-ДТБФ) (II) является 36% водным раствором, и реакции с его участием неизбежно сопряжены с образованием большого количества сточных вод, что приводит осложнению экологической ситуации. Поэтому актуальным является также поиск альтернативных более экологичных методов синтеза метиленбисфенольных стабилизаторов.

В данной работе в качестве альтернативного пути для синтеза метиленбисфенольных стабилизаторов была принята посылка о возможности использования в синтезе соединений, которые непосредственно в условиях ведения процесса образуют формальдегид. В качестве таких веществ предложено использовать безводные триоксан и диоксолан, которые в кислой среде дециклизуются с образованием формальдегида. Дальнейшее исследование необходимо направить на отработку синтеза метиленбисфенолов с использованием предшественников формальдегида, что позволит существенно снизить количество водно-органических отходов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гурвич, Я.А., Кумок, С.Т., Лопатин, В.В., Старикова, О.Ф. *Фенольные стабилизаторы, состояние и перспективы* / ЦНИИ. – М., 1990. – Вып. 5.–74 с. (Инф. техн.-экон. исслед. нефтеперераб. и нефтехим. промышленности: обзорная информ.).
- [2] Горбунов, Б.Н. *Химия и технология стабилизаторов полимерных материалов* / Б.Н. Горбунов, Я.А. Гурвич, И.П. Маслова. – М.: Химия, 1981. – 368 с.
- [3] http://snhz.ru/?event=pages&page=katalog_produktsii

ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ МАГНИТНЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК ДЛЯ УСТРОЙСТВ ЗАПИСИ И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

А.А. Валиуллин

Институт физики, Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008 г. Казань, ул. Кремлевская 18

e-mail: fess98@rambler.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Магнитные многослойные структуры (ММС), важные как с точки зрения теоретических исследований, так и для практического применения, интенсивно исследуются в последние годы. Интерес к ММС вызван тем, что они сочетают свойства магнитомягких (большую остаточную намагниченность) и магнитотвердых материалов (высокую коэрцитивность), что открывает возможность самых разнообразных приложений.

ММС используются в качестве носителей для сверх высокоплотной записи информации (СВПЗИ). Для СВПЗИ требуются магнитные пленки, обладающие высокой коэрцитивностью H_c , перпендикулярной магнитной анизотропией, малым размером гранул и слабой энергией обменного взаимодействия между частицами. Одним из условий повышения плотности записи информации является уменьшение гранул в пленке, на которые записывается информация. Однако при уменьшении размера частицы возникает состояние, когда ее намагниченность становится нестабильной, т. е. происходит переход в суперпарамагнитную фазу.

Таким образом, желательно найти способ создания пленки с хорошими свойствами, как высокой H_c , хорошей перпендикулярной магнитной анизотропией и малыми размерами зерен путем объединения выгодных факторов этих подходов. Управление ориентацией легкой оси и межкристаллитными взаимодействиями и понимание того, как они зависят от реальной структуры пленки.

2. ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК

Выбор для исследования пленок систем FePt, FeCo обусловлен тем, что в пленках сплавов этих систем можно ожидать образование метастабильных фаз и кристаллических структур, обладающих

уникальными физическими свойствами, в частности магнитными характеристиками, удовлетворяющими требованиям сверхвысокоплотной записи информации (СВПЗИ). С этой точки зрения, актуальна задача исследования пленочных материалов для создания носителей вертикальной магнитной записи нового поколения с увеличенной плотностью записи информации.

2.1. Исследования многослойных структур $[\text{FePt}]_n$

В последнее десятилетие, пленки FePt фазы $L1_0$ привлекают пристальное внимание исследователей потому, что они обладают большой энергией магнитокристаллической анизотропии ($K_u \sim 7 \times 10^7$ ergs/cm³), что делает их очень перспективными в плане применения в качестве носителей информации со сверхвысокоплотной (или перпендикулярной) магнитной записью СВМЗ.

Пленки FePt в виде многослойных структур $[\text{Pt/Fe}]_n$ пленки были получены методом магнетронного последовательного распыления пластин Fe и Pt и осаждением Fe и Pt слоев на предварительно нагретую стеклянную подложку. Общая толщина каждого образца составляла 40 nm и периодичность двух слоев (повторяющееся число двух слоев) была $n = 4, 8, 16, 20$ и 32.

Результаты мессбауэровских исследований и измерений магнитных петель гистерезиса (МН) показали, что структура $[\text{Fe/Pt}]_n$ при $n = 16$ обладает перпендикулярной плоскости пленок анизотропией. На основании данных рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS) было установлено, что в многослойных структурах $[\text{Fe/Pt}]_n$ существует промежуточный слой между подложкой и многослойной структурой. Микромагнитное моделирование позволило сделать вывод, что наведение магнитной анизотропии, перпендикулярной плоскости пленок $[\text{Fe/Pt}]_n$ (при $n = 16$) происходит вследствие формирования анизотропного промежуточного слоя [1].

2.2. Исследования пленочных структур FeCo

Дальнейшая миниатюризация электронных устройств (в том числе головок записи/чтения данных), развитие спинтроники и повышение плотности записи информации требуют понимания магнитостатических взаимодействий в тонких магнитных пленках, используемых в этих устройствах. Известно, что при уменьшении толщины магнитных пленок или размеров магнитных частиц наблюдаются значительные изменения их свойств.

Пленки на основе сплава FeCo обладают высокой намагниченностью насыщения и низкой коэрцитивностью, что делает их одним из наиболее перспективных материалов, используемых в качестве магнитных головок записи/чтения информации со сверхвысокой плотностью на магнитных носителях и создания других

высокоэффективных магнитных устройств. На магнитомягкие свойства тонких пленок, а также на процесс перемагничивания большое влияние оказывает магнитная доменная структура. Известно, что управление магнитомягкими свойствами пленок FeCo возможно путем введения в них дополнительных элементов, меняющих не только состав, но и внутренние напряжения, влияющие на магнитные свойства полученных пленок.

Исследованы магнитные свойства и доменная структура тонких пленок FeCoAlON различной толщины (от 55 нм до 550 нм). В случае тонких пленок FeCoAlON доменная структура состоит из доменных стенок с поперечными связями, поскольку сильное размагничивающее поле подавляет формирование полосковых доменов. При увеличении толщины пленок FeCoAlON до 320 нм структура доменных стенок с поперечными связями преобразуется в полосковую доменную структуру, при этом исчезает одноосная анизотропия в плоскости пленки и возникает одноосная анизотропия перпендикулярная плоскости пленки. Это можно объяснить магнитоупругими напряжениями, наведенными атомами азота, заполняющими междоузлия в плоскости (110), что приводят к отклонению вектора намагниченности от плоскости пленки. Дальнейшее увеличение толщины пленок (до 550 нм) приводит к возникновению вращательной анизотропии. Такая анизотропия может быть связана с повышением концентрации азота в междоузлиях в плоскости (110) и повышением магнитоупругих напряжений [2].

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Множество работ посвящены исследованиям магнитных многослойных материалов, с целью создания тонких пленок FeM для сверхвысокоплотной (перпендикулярной) магнитной записи информации, однако высочайшие параметры, теоретически полученные в 1993 году до настоящего времени не достигнуты.

Таким образом, вопрос по созданию новых материалов для сверхвысокоплотной записи информации, в настоящее время остается крайне актуальным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А.С. Камзин, Fulin Wei, В.Р. Ганеев, А.А. Валиуллин, Л.Д. Зарипова, *ФТТ*. **55** (2013) 1743
- [2] А.С. Камзин, Fulin Wei, В.Р. Ганеев, А.А. Валиуллин, Л.Д. Зарипова, Л.Р. Тагиров, *ФТТ*. **56** (2014) 914

НОВЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М.Р. Гарипов

*Казанский (Приволжский) федеральный университет,
Химический институт им. А.М. Бутлерова, 420008, Россия, РТ, г.
Казань, ул. Кремлевская, д.18*

e-mail: gmarselr1988@gmail.com

Создание первых лазеров в 60-х годах XX века является одним из замечательных достижений физики, приведшее к революционным изменениям во многих областях науки и техники. Лазер - это сложное устройство, преобразующее энергию от внешнего источника в энергию электромагнитных волн одинаковой частоты, одинаковой разности фаз, поляризованности, объединённых в узконаправленный пучок света. В зависимости от условий лазерное излучение может иметь мощность от долей милливатта до 10^{12} - 10^{13} Вт. Лазеры находят широкое применение в военной технике, медицине, связи, информационных технологиях, при обработке материалов и в повседневной жизни.

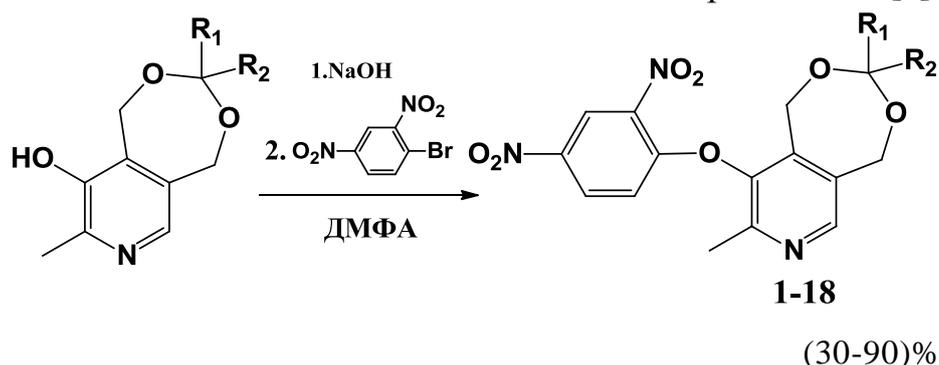
Создание лазеров, излучающих в различных областях оптического диапазона, является задачей трудоёмкой и дорогостоящей. Для этой задачи используются различные преобразователи, например, удвоители частоты, генерирующие вторую гармонику лазерного излучения, действие которых основано на нелинейной зависимости поляризации P среды от напряжённости E световой волны лазера. Генерация второй гармоники (ГВГ) лазерного излучения – это образование вторичных электромагнитных волн удвоенной частоты в результате нелинейного взаимодействия электромагнитной волны с веществом.

Впервые явление ГВГ было обнаружено в кристалле кварца, а затем и в кристаллах органических соединений – многоядерных ароматических углеводородов. В настоящее время в промышленности широкое применение получили материалы, изготовленные из таких неорганических соединений, как кварц, дигидрофосфаты калия и аммония, ниобат и йодат лития, борат бария и др. Основным преимуществом неорганических соединений является простота получения материалов с нелинейными оптическими свойствами. Следует отметить, что недостатком неорганических соединений являются относительно невысокие коэффициенты преобразования ГВГ.

Органические соединения, наоборот, считаются более перспективными для создания молекул с очень высокими значениями коэффициента преобразования лазерного излучения, однако, для

создания кристаллов требуемой нецентросимметричной структуры часто приходится прибегать к использованию оптически чистых энантимеров, что приводит к значительному удорожанию конечного продукта. Кроме того органические соединения, как правило, обладают более низкой устойчивостью к воздействию лазерного излучения по сравнению с неорганическими. По этим причинам удвоителей частоты на основе органических соединений значительно меньше, чем неорганических, и в настоящее время проводятся активные исследования в области создания новых более эффективных преобразователей лазерного излучения [1].

В ходе работ по изучению химических и физических свойств новых органических соединений гетероциклического ряда нами было обнаружено, что некоторые из полученных веществ кристаллизуются в нецентросимметричных кристаллах и способны к генерации второй гармоники. Поэтому с целью исследования нелинейно оптических свойств производных пиридоксина на первом этапе работы был получен большой ряд новых 2,4-динитрофенилпроизводных циклических семичленных моно- и дизамещённых ацеталей пиридоксина [2]:



1. $R_1 = H, R_2 = CH_3$, 2. $R_1 = R_2 = CH_3$, 3. $R_1 = H, R_2 = H$, 4. $R_1 = H, R_2 = C_2H_5$, 5. $R_1 = H, R_2 = C_3H_7$, 6. $R_1 = H, R_2 = CH(CH_3)_2$, 7. $R_1 = H, R_2 = CH(CH_3)C_2H_5$, 8. $R_1 = H, R_2 = CH(CH_3)C_3H_7$, 9. $R_1 = H, R_2 = \text{цикло-}C_6H_{11}$, 10. $R_1 = H, R_2 = C(CH_3)_3$, 11. $R_1 = H, R_2 = C_7H_{15}$, 12. $R_1 = H, R_2 = C_8H_{17}$, 13. $R_1 = H, R_2 = CH(CH_3)C_9H_{19}$, 14. $R_1R_2 = \text{цикло-}C_5H_8$, 15. $R_1R_2 = \text{цикло-}C_6H_{10}$, 16. $R_1R_2 = \text{цикло-}C_7H_{12}$, 17. $R_1 = CH_3, R_2 = C_5H_{11}$, 18. $R_1 = CH_3, R_2 = C_8H_{17}$

На следующем этапе данной работы по стандартной методике была получена количественная информация по эффективности преобразования порошковой ГВГ неодимового лазера (1064 нм). В качестве эталона принят йодат лития, известный неорганический высокоэффективный преобразователь лазерного излучения (его эффективность ГВГ принята за 100%). Обращает на себя внимание тот факт, что часть из полученных соединений не обладают способностью к ГВГ. В то время как в случае соединения **11** эффективность преобразования ГВГ сопоставима с эффективностью йодата лития, а для соединения **2** значительно выше. Измерение порогов повреждения при

воздействии лазера данных производных пиридоксина показало, что их устойчивость в два раза больше, чем у йодата лития.

Очевидная новизна исследования в этой области заключалась в следующем: до сих пор исследователи, для гарантированного получения нецентросимметричных кристаллических структур, использовали только соединения с единственным элементом хиральности (стереогенный центр). В нашем же случае, на примере производных семичленных циклических кеталей пиридоксина, появляется возможность использования другого элемента хиральности, а именно спирального типа, не требующего получения оптически чистых энантиомеров.

Таким образом, данные соединения совмещают в себе высокую эффективность преобразования лазерного излучения, характерную для органических соединений, и высокую устойчивость к лазерному излучению, которая обычно наиболее выражена у неорганических. Поэтому данные производные пиридоксина являются перспективными преобразователями второй гармоники лазерного излучения.

Заключительным этапом создания удвоителей частоты лазерного излучения является выращивание кристаллов наиболее эффективных соединений по известным в литературе методикам. Впоследствии, будет производиться отбор тех из них, которые будут обладать лучшими механическими и физическими характеристиками. Планируется провести и закончить данные работы в течение двух лет с выпуском готовых лабораторных образцов.

Естественно, что при реализации любого инвестиционного проекта требуется учёт всевозможных рисков, обусловленных влиянием как множества экономических факторов, не зависящих от усилий инвесторов, так и достаточного числа неэкономических факторов. Существует много разных подходов для прогнозирования рискованных ситуаций. В нашем случае заслуживает внимания подход, предполагающий разработку сценариев реализации проекта в наиболее вероятных или наиболее "опасных" для каких-либо участников условиях. Расчёт показывает положительное значение показателя NPV, обеспечивается необходимый резерв финансовой реализуемости проекта, а также точка безубыточности составляет 59%. В качестве основных рисков данного проекта следует отметить: 1. недопоставка сырья и материалов по объему и срокам; 2. возможность отсутствия финансирования или недофинансирования. Основными мерами для предотвращения подобных рисков является наличие альтернативных поставщиков, особые условия штрафов и неустоек в договорах при не допоставке сырья и материалов, а также участие в грантах и наличие резервного фонда КФУ. С рядом организаций имеются соглашения о реализации данного проекта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] T. Verbiest, S. Houbrechts, M. Kauranen, K. Clays and A. Persoons, *J. Mater. Chem.* **7** (1997) 2175-2189.
- [2] Пат. RU2501801, МПК C07D491/056. Производные пиридоксина с нелинейно-оптическими свойствами. [Текст] / Ю.Г. Штырлин, А.Д. Стрельник, А.С. Петухов, М.Р. Гарипов, О.А. Лодочникова, И.А. Литвинов, О.А. Морозов, А.В. Ловчев // ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»– Оpubл. – 20.12.2013.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ НОВЫХ НАНОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ CdS И CdSe В ПОЛИМЕРАХ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ НОВЫХ СРЕД С ЗАДАННЫМИ НЕЛИНЕЙНЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

Д.К. Жарков, Г.М. Сафиуллин, В.Г. Никифоров, В.С Лобков

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского

Казанского научного центра Российской академии наук (КФТИ КазНЦ

РАН), Российская Федерация, Республика Татарстан, 420029, г. Казань,

ул. Сибирский тракт д. 10/7

e-mail: dzharkov@list.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение полупроводниковых наночастиц вызывает большой интерес благодаря их уникальным химическим и физическим свойствам. В этих материалах квантоворазмерный эффект влияет на ширину запрещённой зоны, что делает их привлекательным материалом для изготовления светодиодов (LED), одноэлектронных транзисторов (SET), дисплеев на квантовых точках (QD-LED), лазеров и других оптоэлектронных приборов. На сегодняшний день наибольшую трудность при синтезе наноконпозитов с полупроводниковыми нанокристаллами представляют процессы агрегации полупроводниковых наночастиц в кластеры размером в десятки и сотни нанометров, что делает невозможным их применение в различных областях нанотехники. Для практического использования необходимо создание твердотельного наноконпозита с большим квантовым выходом и возможностью управления длиной волны излучения.

2. ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ

Размеры синтезированных различными методами наночастиц CdS и CdSe определяются методом рентгенофазового анализа на дифрактометре DRON-7. Спектры поглощения исследуются на спектрометре “Varian Cary 100” в области 200-750 нм. Контроль формы

и размера наночастиц и образовавшихся кластеров CdS в нанокompозите проводится на электронном микроскопе EVO 50XVP фирмы CARL ZEISS.

Исследование фотолюминесцентных свойств проводится с помощью автоматизированного спектрометра на базе монохроматора МДР-12. Сигнал фотолюминесценции детектируется на фотоумножителе ФЭУ-79. Фотолюминесценция возбуждается импульсным азотным лазером ЛГИ-21 (длина волны 337 нм, частота следования импульсов 100 Гц, длительность импульса 12 нс) и фемтосекундным титан-сапфировым лазером (длина волны 800 нм, частота следования импульсов 100 МГц, длительность импульса 50 фс, средняя мощность ~ 400 мВт), оснащенным усилителем фемтосекундных импульсов (частота 3 кГц, длительность импульса 60 фс, средняя мощность ~ 100 мВт). Эксперименты проводятся при комнатной температуре и температуре жидкого азота. Параметры фемтосекундного импульса контролируются на приборе SP-20.

На основе анализа спектров люминесценции и поглощения была построена качественная схема уровней энергии для этих систем. С помощью фемтосекундной техники были исследованы процессы двух- и трёхфотонного поглощения. Проведённый анализ времяразрешённых спектров люминесценции, а также кинетики люминесценции позволил качественно оценить процесс распределения энергии в этих системах. Для наночастиц CdSe и CdS методами рентгенофазового анализа были определены их средние размеры. Электронная микроскопия показала, что при внедрении нанокристаллитов CdS размером 3 нм в полимер ПММА образуется композит, содержащий помимо этих наночастиц кластеры размером более 100 нм. Определено, что малоразмерным наночастицам и крупным кластерам соответствуют разные полосы люминесценции. Помимо этого, обнаружена полоса люминесценции от дефектов структуры нанокристаллитов.

СТОЙКИЕ К ВОЗДЕЙСТВИЮ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТЫ, СОДЕРЖАЩИЕ В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩЕГО ЭПОКСИДНОАМИННУЮ СИСТЕМУ

К.А. Медведева, Е.Н. Черезова

ФБГОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 420015, Казань, ул. К.Маркса, 72
e-mail: ksmedvedeva@rambler.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Полимерцементные материалы (ПЦМ), нашли в настоящее время широкое применение в строительстве, при ремонте зданий, конструкций, при устройстве полов, проведении ремонтно-реставрационных работ [1, 2, 3]. Для расширения областей применения и в связи с возрастанием требований к качеству ПЦМ актуальными становятся задачи разработки новых рецептур полимерного связующего, позволяющих улучшить комплекс эксплуатационных свойств, в том числе устойчивость к воздействию микроорганизмов. Микроорганизмы не только ухудшают внешний вид ПЦМ, укорачивают срок его службы, но и наносят вред здоровью человека.

Решение выше указанных проблем включает модификацию полимерного связующего, способного обеспечить комплекс высоких технологических свойств, безопасными антимикробными добавками.

В состав применяемых антимикробных добавок, как правило входят азот-, фосфор-, серусодержащие соединения. В частности широко известны трихлоргидроксидифенилэфир, оксид меркаптопиридина, полифосфонаты, поли-N-галогенпиридин, поли(стирол-дивинилбензол) сульфамид, оловоорганические соединения и соединения серебра.

Для создания ПЦМ с высоким комплексом технологических свойств наиболее эффективными связующими являются эпоксидные смолы (ЭС) с аминными отвердителями. Это обусловлено тем, что ПЦМ на основе эпоксидно-аминных систем характеризуются стойкостью к действию химически агрессивных сред, малой усадкой при отверждении. ЭС предпочтительно использовать в виде водных эмульсий, что позволяет регулировать деформативные свойства ПЦМ и в то же время улучшить равномерность распределения антимикробной добавки в объеме ПЦМ.

Широкое применение в качестве отвердителей для эпоксидных смол в составе ПЦМ нашли аминофенольные отвердители (АФ). АФ, разнообразны по структуре, что позволяет изменять свойства материала в

широком диапазоне. Однако ассортимент отечественных промышленных аминофенолов невелик, например АФ-2, УП-583Д, УП-583Т, и они имеют свои недостатки. Цвет промышленных отвердителей колеблется от светло-коричневого до темного красно-коричневого, что делает невозможным их применение для декоративных материалов. Кроме того они являются довольно вязкими жидкостями (до 2,0 Па·с при 50⁰С), что усложняет работу.

Проблемой для расширения использования АФ, является также малотехнологичный метод их получения по реакции аминотетирования фенолов [4, 5].

2. РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе ранее проведенной нами работы была предложена малоотходная технология синтеза низковязких аминофенольных соединений [6], которые проявили себя как активные отверждающие агенты эпоксидных смол, позволяющие получать клеевые соединения ЭС с высокими прочностными свойствами [7]. Полученные соединения имеют светло-желтый цвет и вязкость от 0,2 до 1,0 Па·с (при 50⁰С). Их свойства можно направленно регулировать путем изменения мольных соотношений исходных компонентов, порядка их загрузки и температуры синтеза.

Развитием работы стало создание ПЦМ с высокими прочностными свойствами с использованием новых АФ отвердителей.

Поскольку эпоксидная смола (ЭД-20) в состав полимерцемента вводилась в виде водной эмульсии, необходимо было определить оптимальное соотношение отвердитель:эмульсия. Для этого использован метод экстракции пленок ЭС, отвержденных синтезированными АФ, горячим ацетоном в аппарате Сокслета. По содержанию гель-фракции в полимере установлено, что оптимальным количеством отвердителя является 27 % от массы смолы (рисунок 1).

Далее был приготовлен ряд полимерцементных растворов (ПЦР), с разным соотношением полимерной и минеральной частей и проведены испытания, полученных ПЦМ. В качестве контроля использовали промышленный отвердитель АФ-2 (таблица 1).

ПЦР, отверждаемые синтезированными АФ, имели незначительное сокращение времени жизни по сравнению с временем жизни растворов, отвержденных промышленным АФ-2 (таблица 2), при этом использование синтезированных АФ позволило повысить прочность на сжатие ПЦМ в среднем на 10-40 %, по сравнению с промышленным отвердителем АФ-2 (таблица 2).

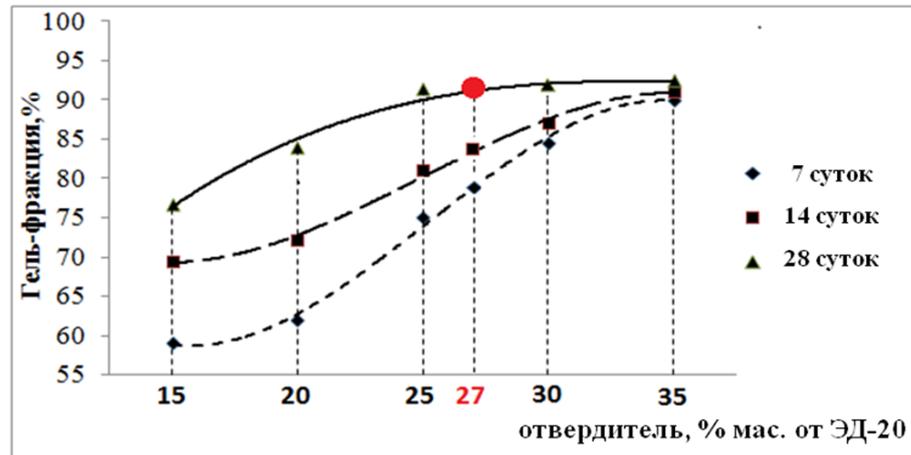


Рисунок 1 - Влияние количества отвердителя, на образование геля в пленках, полученных отверждением водной эмульсии смолы ЭД-20 синтезированным отвердителем

Таблица 1 – Состав полимерцементных растворов

Ингредиенты	Содержание, % масс.		
	ПЦР-20	ПЦР-30	ПЦР-40
Полимерная часть			
Водная эмульсия эпоксидной смолы ЭД-20 + Отвердитель	20	30	40
Минеральная часть (цементно-песчаная смесь)			
цемент:кварцевый песок (1:3, мас. част.)	80	70	60

Таблица 2 – Эксплуатационные характеристики ПЦР и ПЦМ (комнатная температура, количество отвердителя 27 % от массы ЭС)

Отвердитель	Время жизни, мин		
	Обозначение полимерцементного раствора		
	ПЦР-20	ПЦР-30	ПЦР-40
Синтезированные отвердители	55-60	85-90	115-120
АФ-2 (контроль)	60	95	125
Прочность на сжатие*, МПа			
Синтезированные отвердители	45-48	32-38	25-33
АФ-2 (контроль)	42	22	30

*По истечению 28 дней

Определено, что ПЦМ, отвержденные с помощью синтезированных АФ отвердителей обладают низким водопоглощением, по сравнению с полимерцементными, отвержденными промышленным отвердителем АФ-2.

Установлено, что полученные ПЦМ отличаются более высокой химической устойчивостью. Образцы, отвержденные синтезированными отвердителями, после выдержки в течение 28 суток в кислых и щелочных средах по химической стойкости не уступают образцам ПЦМ отвержденных АФ-2.

Дальнейшее исследование необходимо направить изучение влияния антимикробных добавок на эффективность защиты разработанных ПЦМ с высоким комплексом технологических свойств от негативного воздействия микроорганизмов окружающей среды. На основе предварительного скрининга литературных данных предполагается изучить антимикробное действие хлорсодержащих фосфорорганических соединений, что объясняется их дополнительной антипирирующей функцией.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Воронков, А.Г. *Эпоксидные полимеррастворы для ремонта и защиты строительных изделий и конструкций: учебное пособие* / А.Г. Воронков, В.П. Ярцев – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 92 с.
- [2] Попов, К.Н. *Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики: Учебн. пособие для СПТУ* / К.Н. Попов. – М.: Высш. шк., 1987. – 72 с.
- [3] Шевченко, В.А. *Технология специальных бетонов: Учебн. пособие по лаб. работам для подготовки магистров по специальности 270100.68.22 «Пр-во, контроль качества и применение материалов, изделий и конструкций в стр-ве»* / В.А. Шевченко. – Красноярск : СФУ, 2008. – 142 с.
- [4] Вацуро, К.В. *Именные реакции в органической химии* / К.В. Вацуро, Г. Л. Мищенко. – М.: Химия, 1976 – 528 с.
- [5] Шабаров Ю.С. *Курс органической химии*. – М., Химия, 1998.
- [6] Медведева, К.А. Синтез новых алкиламинофенольных отверждающих агентов для эпоксидных олигомеров / К.А. Медведева, Е.Н. Черезова // *Вестник Казан. технол. ун-та*. – 2011. – Т. 14.- № 14. – С. 201-204.
- [7] Медведева, К.А. Изучение влияния свойств новых аминофенольных соединений на отверждение эпоксидных смол / К.А. Медведева, Е.Н. Черезова, Т.А. Мангушева, Л.М. Пилишкина // *Вестник Казан. технол. ун-та*. – 2011. – Т. 14, № 18. – С. 313-315.

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ПОКРЫТИЕ С ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

И.Ф. Сайфутдинова, Н.Н. Жданов, И.Ш. Абдуллин

420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68 ФГБОУ «Казанский научный
исследовательский технологический университет»
e-mail: isayfutdinova@mail.ru

В связи с удорожанием и временами возникающим дефицитом традиционных энергоносителей, во всем мире возрос интерес к энергосберегающим технологиям, в частности, к применению теплоизолирующих и теплозащитных покрытий.

В 1995 году Госстрой России выпустил постановление № 18-81, согласно которому с 1 января 2000 года показатели расчетного сопротивления теплопередачи ограждений увеличены в среднем в 3,5 раза. Соответственно выросло значение теплоизоляционных материалов (ТИМ) и увеличился рыночный спрос на них.

Традиционные теплоизолирующие материалы не обеспечивают надёжной долговременной теплоизоляции из-за чувствительности их к увлажнению, подслоной коррозии, деструкции под влиянием тепла и светопогоды. Недостатки, присущие традиционным ТИМ, могут быть устранены только с применением принципиально новых теплоизолирующих материалов. Комплексные исследования проблемы создания и применения теплоизоляционных покрытий для снижения потерь тепловой энергии позволили разработать жидкий энергосберегающий состав на основе полимерной композиции, полых стеклянных или керамических микросфер и функциональных наноразмерных наполнителей, устраняющий недостатки присущие традиционным теплоизоляторам [1].

Такой материал образует при высыхании антикоррозионное теплозащитное покрытие с высокими теплозащитными и адгезионными свойствами.

Полые стеклянные микросферы, образуют замкнутые наполненные разреженным газом поры и обеспечивают высокие теплозащитные характеристики теплозащитного покрытия. Полые стеклянные микросферы размером от 10 до 100 мкм с насыпной плотностью 0,18-0,35 г/см³ непроницаемы для паров и конденсированной влаги, благодаря чему покрытие имеет низкую водопроницаемость, которая не зависит от срока эксплуатации. Малая чувствительность теплозащитного состава к воздействию воды делает

незаменимым этот вид теплоизоляции при защите теплопроводов в затопляемых местах, например, в подвалах домов [2].

Форма частиц микросфер и подобранное распределение частиц по дисперсности позволяют изменять вязкость композиции в зависимости от ее назначения, с получением покрытия, обладающего высокими эксплуатационными характеристиками.

Полые частицы микросфер имеют толщину оболочки сферы - 10% от диаметра. Состав газовой фазы внутри сфер: CO_2 - 70%, N_2 - 30%. Микросферы не теряют свойств до температур, превышающих 680 °С. Температура их плавления не ниже 800 °С. Микросферы в составе теплозащитного покрытия действуют как микротермосы. Луч от нагретой стенки микросферы, многократно отражаясь от внутренней поверхности стенок, рассеивается, в результате чего излучение всех частот не выходит обратно, почти полностью поглощаясь. В этом случае основной тепловой поток идет по материалу связки.

Для теплоизоляции фасадов жилых домов разработан энергосберегающий состав, содержащий наноразмерный фотокаталитический диоксид титана, который является очень эффективным неорганическим фотокатализатором. Покрытие становится невосприимчивым к разрушающему действию солнечного света и ультрафиолетовому излучению, в результате чего продлевается жизненный цикл покрытия.

Диоксид титана существует в виде трех полимерных форм: брукита, рутила и анатаза. Наибольшую активность в фотокаталитических реакциях проявляет диоксид титана, находящийся в анатазной модификации. По литературным данным, усиление фотоактивности объясняется более высоким положением уровня Ферми у анатаза (3,3-3,4 эВ) по сравнению с рутилом (3,1-3,2 эВ) [3].

Наноразмерная фотокаталитическая двуокись титана, содержащаяся как в составе теплозащитного покрытия на основе полых стеклянных микросфер, так и на его поверхности, применяемого для внутренних и наружных работ, способствует активной адсорбции и последующему разложению токсичных газов (аммиака, сероводорода и т.д.) на поверхности теплозащитного покрытия. Кроме этого выявлен эффект самоочистки теплозащитного покрытия. В частности, устранение плесени различного типа, грибков, избавления от запаха [4].

Благодаря своим свойствам, энергосберегающее покрытие с использованием наноразмерных компонентов сочетает в себе как свойства энергосберегающего покрытия, так и нейтрализатора токсичных газов. Покрытие применимо в различных областях, и прежде всего, в строительстве и на объектах жилищно-коммунального хозяйства. Оно может быть нанесено на различные поверхности - металлические, бетонные, кирпичные при различных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ю.Л. Бобров, *Теплоизоляционные материалы и конструкции*, Инфра-М, Москва (2003).
- [2] Р.М. Гарипов, Н.Н. Жданов, *Теплофизические характеристики увлажненных теплозащитных материалов*, Вестник КНИТУ, Казань (2013).
- [3] http://www.nanometer.ru/2008/04/22/konkurs_statej_46690.html
- [4] Ю.М. Артемьев, В.К. Рябчук, *Введение в гетерогенный фотокатализ*, С.-Петербур. ун-т, СПб (1999).

ЭФФЕКТ МАГНИТНОГО УПОРЯДОЧЕНИЯ В МОЛЕКУЛЯРНЫХ КЛАСТЕРАХ Fe_2Dy_2

А.А. Суханов^а, В.К. Воронкова^а, А. Баниодех^б, А. К. Пауэлл^б

^аКФТИ КазНЦ РАН 420029, г.Казань, ул. Сибирский тракт, 10/7

^бТехнологический институт г. Карлсруэ, Университет г. Карлсруэ,

76131, г. Карлсруэ, ул. Кайзер, Германия

e-mail: ansukhanov@mail.ru

В последнее время активно развивается область, которая изучает магнитные многоядерные кластеры, которые характеризуются такой медленной релаксацией намагниченности при низких температурах, что индивидуальные молекулы ведут себя как магниты. Уже синтезированы молекулы, которые после намагничивания в магнитном поле при $T=2\text{K}$, сохраняют 40% намагниченности после хранения их при данной температуре в течение двух месяцев. Впервые это было обнаружено для кластера, содержащего двенадцать ионов марганца Mn_{12}Ac [1,2]. Такие кластеры называются мономолекулярными магнитами (Single Molecular Magnet-SMM). Одно из главных свойств мономолекулярных магнитов, которое вызывает большой интерес, заключается в том, что медленная релаксация намагниченности приводит к эффекту гистерезиса, подобно тому, как это происходит в объемных магнитах, но в данном случае на молекулярном уровне. Такие молекулы можно использовать как устройства для хранения информации, что сильно повысит плотность хранения информации. Поэтому формирование представлений о свойствах данного вида сложных молекулярных систем является актуальной задачей для целенаправленного синтеза новых мономолекулярных магнитов.

Главная задача в химии мономолекулярных магнитов – это создание мономолекулярных магнитов, которые бы существовали при более высоких температурах (50 - 100K). Для этой цели необходимо использовать орбитально-вырожденные магнитные центры (ионы с незаполненными f- и d-оболочками), в которых обменное взаимодействие сильно анизотропно.

Для целенаправленного создания новых мономолекулярных магнитов на основе 3d-4f ионов необходимо обладать информацией о спин-спиновых взаимодействиях не только между 3d-4f ионами, но между 4f-ионами. В настоящее время спин-спиновые взаимодействия между 3d-4f и 4f ионами являются малоизученными.

В данной работе представлены результаты исследования новых молекулярных кластеров Fe_2Dy_2 , построенных из ионов железа и

диспрозия, проявляющие свойства мономолекулярных магнитов. Данный ряд кластеров в ближайшем окружении изоструктурен друг другу, но в дальнем окружении имеются незначительные различия. Различия заключаются в том, что в дальнем окружении имеется бензольное кольцо, к которому присоединены различные типы лигандов в разных положениях. Т.е. имелись кластеры Fe_2Dy_2 с лигандом в параположении $-\text{CH}_3$ группы (I) и с лигандом в метаположении $-\text{CN}$ группы (II).

Спектры ЭПР для данных молекулярных кластеров Fe_2Dy_2 поликристаллических образцов были измерены в X-диапазоне на ЭПР спектрометре EMX/plus фирмы Bruker и в Q-диапазоне на ЭПР спектрометре ELEXSYS E580 фирмы Bruker.

Спектры ЭПР для молекулярных кластеров Fe_2Dy_2 наблюдались при температурах от 4 К до 40К. Это можно объяснить тем, что данный кластер состоит из двух структурных единиц димера железа, и ионов диспрозия. И так как между ионами высокоспинового железа ($S=5/2$) реализуется сильное антиферромагнитное взаимодействие, в результате чего ионы железа образуют димер с различными спиновыми состояниями и при низкой температуре димер будет находиться в диамагнитном состоянии, и спектр ЭПР будет наблюдаться только от ионов диспрозия. При повышении температуры спектр ЭПР от ионов димера железа должен наблюдаться, но в результате взаимодействия димера железа с ионами диспрозия спектр ЭПР сильно уширяется и не наблюдается выше температуры 40 К.

На рис.1 представлены спектры ЭПР в X-диапазоне для двух кластеров при температуре 5К. Форма спектров ЭПР в зависимости от типа лиганда сильно отличается. В Q-диапазоне изменение формы спектров ЭПР от типа лиганда незначительное. Но в Q-диапазоне наблюдалось изменение формы спектра ЭПР для каждого кластера при повторной записи спектра (рис.2).

Ион диспрозия находится в основном состоянии с суммарным спином $J=15/2$, которое описывается эффективным спином $S=1/2$ с сильно анизотропными g-факторами $g_x=g_y=0.1$, $g_z \approx 20$. В Q-диапазоне спектр ЭПР (зарегистрированный первый раз) для двух кластеров описывается как спектр ЭПР от двух слабо взаимодействующих спинов $S=1/2$ с g-факторами $g_x=g_y=0.1$, $g_z \approx 20$. Т.е. в спектре поликристаллического образца наблюдается только z-ориентация главных осей g-тензора. После приложения магнитного поля часть молекул упорядочиваются вдоль магнитного поля. И спектр ЭПР при повторной записи является суммой спектров поликристаллического и ориентированного вдоль магнитного поля образцов.

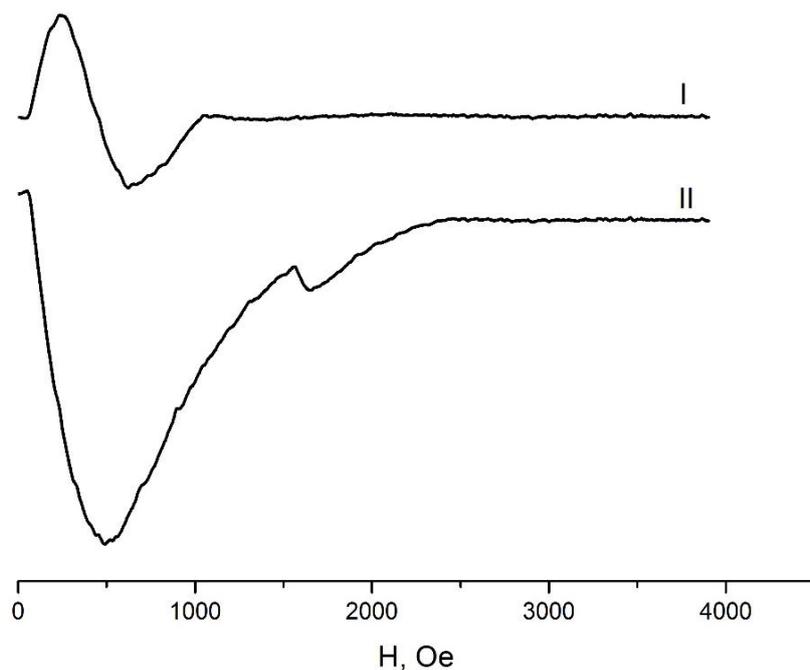


Рис.1. Спектры ЭПР для кластеров I и II в X-диапазоне при температуре 5К.

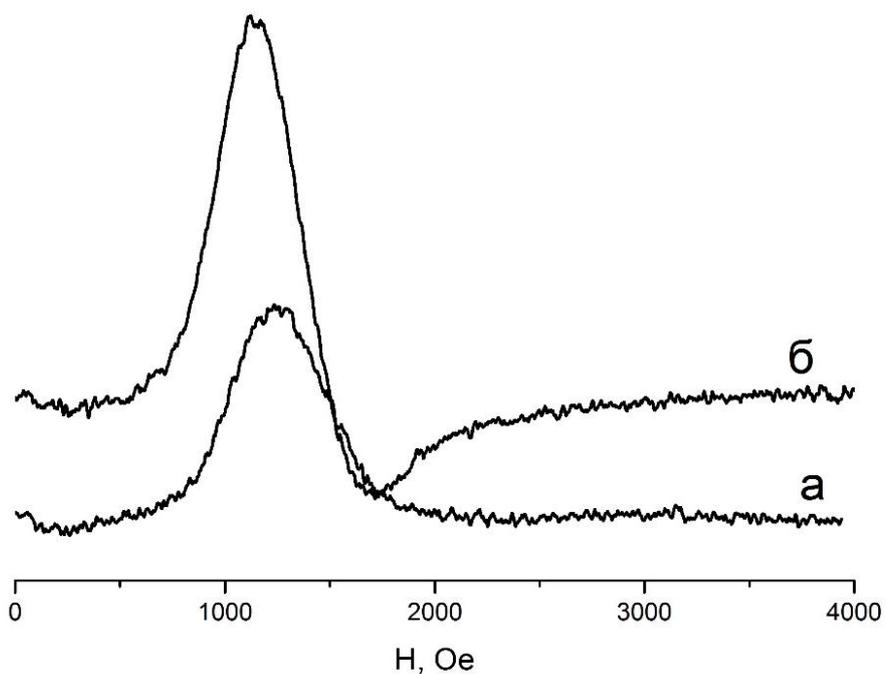


Рис.2. Спектры ЭПР в Q-диапазоне для кластера I при температуре 5 К (а- спектр ЭПР зарегистрированный первый раз, б- спектр ЭПР зарегистрированный второй раз).

Таким образом зарегистрирован эффект намагничивания кластеров Fe_2Dy_2 , обладающих свойствами мономолекулярных магнитов, методом ЭПР.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. *Magnetic bistability in a metal-ion cluster* / R. Sessoli [et al.] // Nature. – 1993. – Vol. **365**, № 6442. – P. 141–143.
- [2]. Gatteschi, D. *Molecular Nanomagnets* / Dante Gatteschi, Roberta Sessoli, Jacques Villain. – Oxford: Oxford University Press, 2006. – 395 p. – ISBN 0-19-856753-7.

СИНТЕЗ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МУЛЬТИФЕРРОИКОВ НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА БАРИЯ

**Н.И. Халитов, Н.М. Лядов, В.Ф. Валеев, Р.И. Хайбуллин,
И.А. Файзрахманов**

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
Казанского научного центра Российской академии наук (КФТИ КазНЦ
РАН), Российская Федерация, Республика Татарстан, 420029, г. Казань,
ул. Сибирский тракт д. 10/7
e-mail: khalitovn@gmail.com*

1. ВВЕДЕНИЕ

За последние несколько лет значительный интерес научного сообщества привлекают к себе мультиферроики – материалы, обладающие одновременно как минимум двумя типами «ферро» упорядочения. Взаимодействие ферромагнитной и сегнетоэлектрической составляющих приводит к появлению в мультиферроиках новых эффектов, например, магнитоэлектрического эффекта (МЭЭ). Именно возникновение МЭЭ обуславливает повышенный интерес к мультиферроикам, так как данный эффект заключается в возникновении в материале намагниченности под действием внешнего электрического поля, или электрической поляризации в присутствии внешнего магнитного поля. Данный эффект позволяют использовать мультиферроики в устройствах спинтроники, сенсорах и СВЧ-технике.

К настоящему времени существует множество способов синтеза нанокomпозитных мультиферроиков, например импульсное лазерное напыление, магнетронное распыление, химическое осаждение из растворов, молекулярно-лучевая эпитаксия и другие. В данной работе было решено использовать методы ионно-лучевого синтеза. Методы ионно-лучевого синтеза обладают рядом преимуществ перед остальными методами: позволяя точно контролировать внедрение примеси и создавать как строго локализованные области, так и создавать перенасыщенные твердые растворы.

В качестве сегнетоэлектрической фазы нами был выбран хорошо изученный сегнетоэлектрик титанат бария (BaTiO_3) со структурой

близкой к структуре перовскита. В качестве ферромагнитного материала нами был выбран кобальт.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Образцы композитных тонких пленок BaTiO_3 , с примесью кобальта на подложках Al_2O_3 , SiO_2 и Si (КЭФ 0.01) были получены методом ионно-стимулированного осаждения. Распыление мишени проводилось ионами ксенона с энергией 1.3 кэВ и плотностью ионного тока 150 мкА/см². Температура подложки во время осаждения не превышала 50°C.

Элементный состав и морфология поверхности образцов были исследованы на сканирующем электронном микроскопе «Zeiss» EVO-50XVP со спектрометром характеристического рентгеновского излучения Energy 350 Oxford INCA. Элементный анализ проводился в низковакуумном режиме при энергии зондирующих электронов 20 кэВ. Для данной энергии электронов глубина зондирования составляла 1 мкм. Кристаллическая структура тонких пленок была исследована с помощью рентгеноструктурного анализа (РСА), который был выполнен на дифрактометре ДРОН-7. Просвечивающий электронный микроскоп «Zeiss» Libra-120 использовался для получения светлопольных изображений пленок.

Магнитные измерения при комнатной температуре проводились на оригинальном индукционном магнитометре. Также были получены спектры магнитного резонанса при комнатной температуре с использованием ЭПР-спектрометра *Bruker EMX* X-диапазона (9.8 ГГц)

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Элементный микроанализ полученных пленок показал, что концентрация кобальта в пленках достигает 8 ат.%. При этом количество остальных структурообразующих элементов в целом стехиометрично для пленки BaTiO_3 (имеется небольшое ~ 3 ат.% превышение концентрации кислорода). Исследование морфологии пленок показало, что сразу после осаждения поверхность пленок гладкая, однако, после термического отжига на пленках в зависимости от подложки, на которую они были осаждены, появляются микротрещины (Рисунок 1).

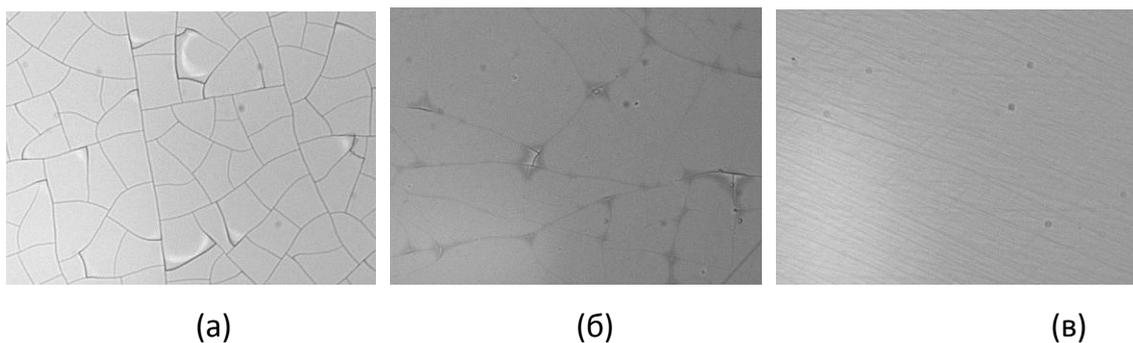


Рисунок 1 – Изображение поверхности пленки $\text{BaTiO}_3:\text{Co}$ на а) кварцевой, б) кремневой, в) корундовой подложках после термического отжига при $T=750^\circ\text{C}$

Как можно видеть, наиболее сильно растрескивается пленка, осажденная на кварцевой подложке, далее небольшое количество трещин присутствует на пленке, осажденной на кремниевой подложке, и трещины отсутствуют на пленке, осажденной на корундовой подложке. Анализ подобного влияния термического отжига на пленку показал, что растрескивание происходит в результате различия коэффициентов теплового расширения пленки и подложек.

Рентгеноструктурный анализ пленок показал, что сразу после осаждения пленка аморфна, но после термического отжига пленка приобретает поликристаллическую структуру (Рисунок 2). Кроме того, виден небольшой рефлекс от оксида кобальта, что указывает на окисление кобальта из-за избытка кислорода в пленке.

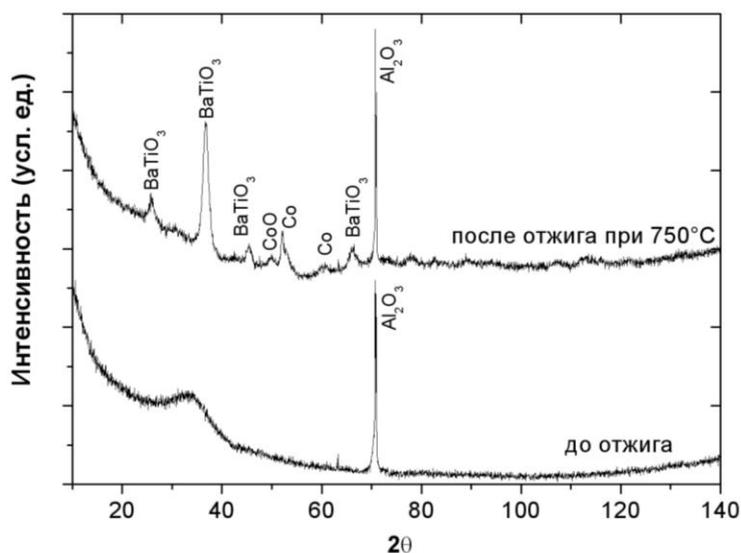


Рисунок 2 – Рентгенограмма композитной пленки $\text{BaTiO}_3:\text{Co}$, содержащей 8 ат.% кобальта, на корундовой подложке до и после отжига.

Исследования на просвечивающем электронном микроскопе показали, что если до термического отжига пленка однородна, то после

термического отжига в ней образуются наночастицы кобальта. Расстояние между дифракционными кольцами и их интенсивность подтверждает образование титаната бария с тетрагональной структуры и кобальта с гексагональной.

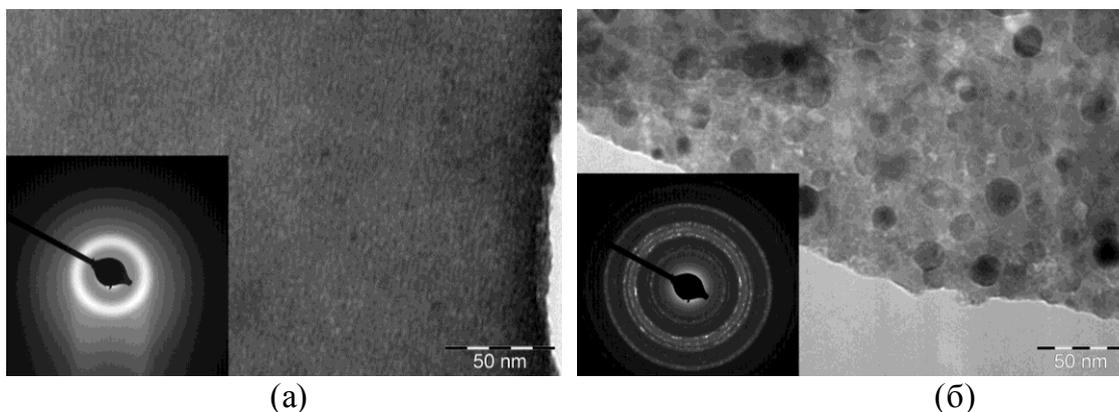


Рисунок 3 – Светлопольное изображение и микродифракция тонкой пленки $\text{BaTiO}_3:\text{Co}$, содержащей 8 ат. % кобальта, (а) до и (б) после отжига.

Исследование кривых намагничивания пленок $\text{BaTiO}_3:\text{Co}$, осажденных на корунде и кремнии, показало, что тип выбранной подложки также влияет и на силу анизотропии магнитных свойств пленки. Для пленки, осажденной на корунде петля гистерезиса для “out-of-plane” ориентации почти совпадает с петля гистерезиса для “in-plane” ориентации, что указывает на слабое взаимодействие между частицами кобальта в пленке (Рисунок 4). В тоже время пленка, осажденная на кремнии, проявляет более сильную анизотропию, показывающее сильное взаимодействие между частицами магнитного металла.

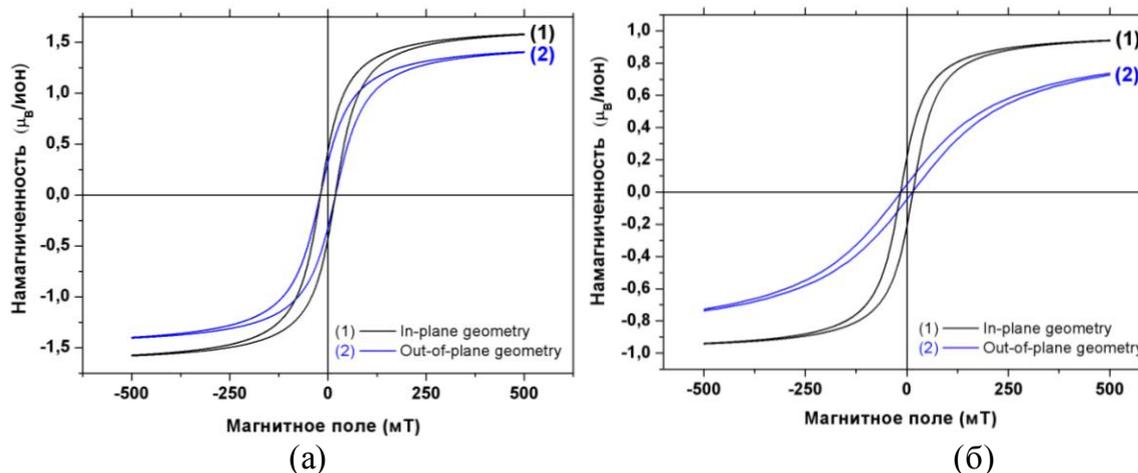


Рисунок 4 – Кривые намагничивания пленки $\text{BaTiO}_3:\text{Co}$, осажденной на (а) корунде и (б) кремнии, для двух предельных ориентаций магнитного поля к плоскости образца – вдоль плоскости образца (in-plane) и перпендикулярно к плоскости (out-of-plane).

Спектры магнитного резонанса также показывают, что пленки проявляют различную анизотропию магнитных свойств (Рисунко 5).

Моделирование приведенных спектров показало, что g -фактор пленки равен 2.2, а намагниченность насыщения равна 97 Гс.

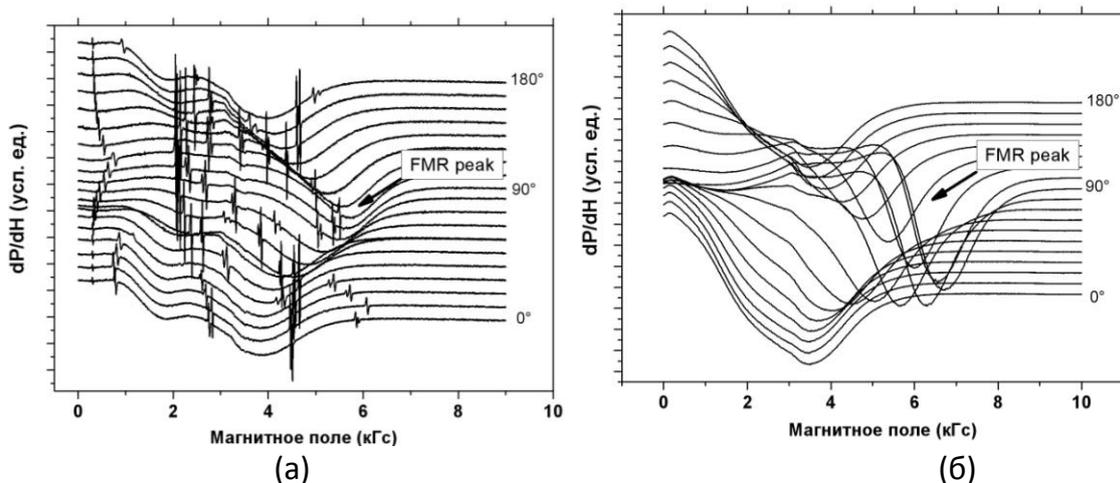


Рисунок 5— Спектры магнитного резонанса для пленки $\text{BaTiO}_3:\text{Co}$, осажденной на корунде (слева) и кремнии (справа), при различной ориентации образца к магнитному полю

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что методом ионно-стимулированного осаждения были получены поликристаллические пленки титаната бария, содержащие наночастицы кобальта. Данные пленки, основанные на сегнетоэлектрике BaTiO_3 , проявляют ферромагнитный отклик при комнатной температуре. Кроме того, обнаружена зависимость анизотропии магнитных свойств от типа выбранной подложки.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОФАЗНЫХ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ

К.Р. Шарипов

Казанский физико-технический институт КазНЦ РАН,
420029, г.Казань, ул. Сибирский тракт, д. 10/7
shakamr@yandex.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Актуальность, новизна:

В связи с потребностями создания новых перспективных материалов для решения функциональных задач современной электроники необходимы исследования физических свойств новых композитных систем сложного состава и структуры. Также возникает потребность систематического исследования условий формирования сильно коррелированных систем с богатой фазовой диаграммой. Особый интерес в этом отношении представляют многофазные магнитные системы состава ABCDO: A=La; Ca; B=Mn, Ni, Ti; C= Sr, Cu, Cr; D = Fe, структуры перовскит.

Так, керамика состава $\text{La}_{1.875}\text{Sr}_{0.125}\text{NiO}_4$ является аналогом известного соединения из работ Крона, Линкенгеймера [1]. Основным из интереснейших свойств данного образца является диэлектрическая проницаемость ϵ с гигантской величиной порядка $\sim 10^7$ [2] в широком частотном интервале, до десятков ГГц. Но результат зависит от технологии приготовления и не всегда воспроизводится.

Результаты исследования различных групп совпадают для керамики $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ (ССТО), имеющей структуру перовскита, образцы такого состава также обладают колоссальной диэлектрической проницаемостью порядка $\sim 10^6$.

Образцы состава $\text{LiCr}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{O}_2$ представляют собой структуру типа кобальтита, делафоссита LiCoO_2 . Это новый катодный материал, обладающий колоссальной величиной диэлектрической проницаемости. Этот образец проявляет магнитные свойства суперпарамагнетика, что открывает перспективы управления свойствами данного образца как с помощью магнитного, так и электрического полей. На частоте 1 кГц при комнатной температуре этот образец обладает достаточно высоким значением диэлектрической проницаемости $\sim 10^4$.

Образец на основе $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ (10 % по массе – «ядра») и $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ (90 % по массе – «оболочка») – магнито жесткий гексаферрит стронция, проявляет свойства материала с колоссальной магнетосопротивлением.

Такой образец также обладает свойствами среды Веселаго [3]. Значение диэлектрической проницаемости ϵ и магнитной проницаемости μ данного образца проявляют аномалию. Они отрицательны в ТГц области частот. Данное соединение было исследовано методами электронной спектроскопии, свидетельствующее о существовании «ядерной структуры», где «ядро» - манганит, а «оболочка» – феррит. Можно говорить об обогащенных областях «оболочка-ядро». Полученные данные требуют дальнейшего экспериментального и теоретического анализа.

2. СУЩНОСТЬ ПРОЕКТА

Совокупность методов магнитного резонанса и измерения транспортных свойств данных веществ обуславливает комплексный подход к исследованию, что позволяет получать достоверную информацию о физических свойствах манганитов. Планируется исследовать транспортные и магнитные свойства полупроводниковых образцов на основе твердых растворов $(\text{LaMnO}_3)_{1-x}(\text{SrMnO}_3)_x$; $\text{La}_{1.875}\text{Sr}_{1.125}\text{NiO}_4$, $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$, $\text{LiCr}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$.

В нашей группе накоплен опыт по изучению суперпарамагнитных свойств при исследовании цинк допированных лантан-стронциевых (бариевых) манганитов. В результате исследований циклодированных манганитов лантана, предложена теоретическая модель, позволяющая произвести анализ и успешное описание полученных спектров магнитного резонанса. Её основой является теория Райхера-Степанова [4], разработанная ими на случай дисперсных суперпарамагнетиков. Полученные из аппроксимации температурных зависимостей ширины и положения линий магнитного резонанса величина магнитного момента ферромагнитно коррелированных областей в керамике $\text{La}_{1-x}\text{Me}_x\text{Mn}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_3$ (Me=Sr, Ba) составила порядка $M = (175 \pm 11) \mu_B$ (магнетонов Бора), что по сути равно совокупности порядка 50 ионов марганца. Также сделана оценка размера ферромагнитно коррелированных областей. Она составила $\sim 1-2$ нм.

На данный момент проведены измерения спектров магнитного резонанса керамики $(\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12})_{1-x}(\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19})_x$, $\text{La}_{1-x}\text{Me}_x\text{Mn}_{1-y}\text{Zn}_y\text{O}_3$ (Me=Sr, Ba), на спектрометре фирмы Bruker ER 200 SRC с азотным продувным криостатом в интервале температур от 100К до 340К в X- и Q-частотном диапазоне. Установлена, что в спектре ЭПР наблюдается одна линия (рис.1), ширина которой меняется при добавлении 10% гексоферрита стронция. Ширина линии допированного соединения увеличивается при изменении СВЧ – частоты от 9.4ГГц до 34 ГГц (рис.2).

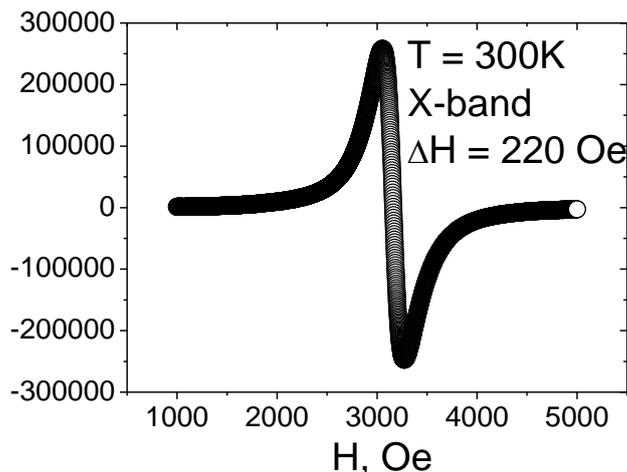


Рис.1. Вид спектра ЭПР керамики $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ при $T=300\text{K}$.

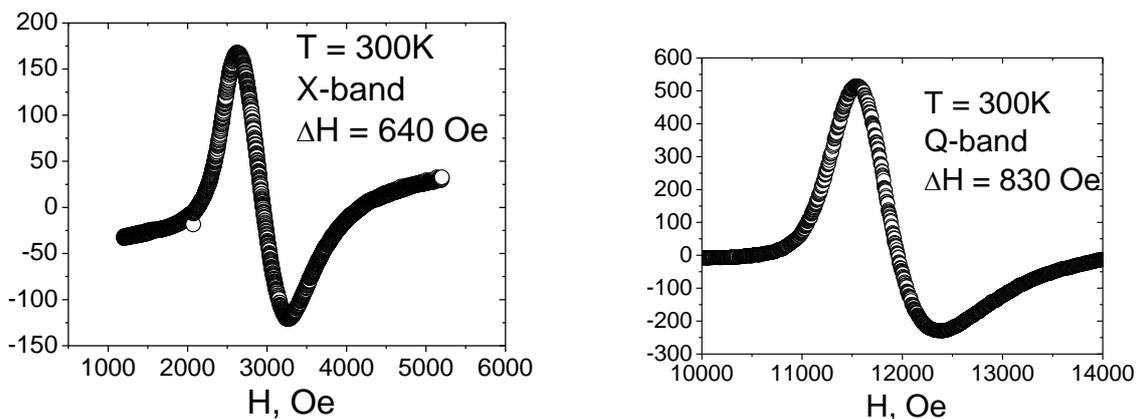


Рис.2. Частотная зависимость спектров ЭПРв $(\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12})_{0.9}(\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19})_{0.1}$

2.1. Новизна предлагаемых в проекте идей, инновационные аспекты и преимущества используемых методов

Новизна заключается в комплексном подходе к исследованию новых материалов с высокой диэлектрической проницаемостью методами магнитного резонанса и измерений магнитосопротивления.

2.2. Ожидаемые результаты по завершению финансирования проекта

1. Изучены температурные зависимости транспортных и магнитных свойств $\text{La}_{1.875}\text{Sr}_{1.125}\text{NiO}_4$, $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$, $\text{LiCr}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$;
2. Построена фазовая диаграмма структурных и магнитных свойств $\text{La}_{1.875}\text{Sr}_{1.125}\text{NiO}_4$, $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$, $\text{LiCr}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$;

2.3. Реальность выполнения поставленных задач в рамках реализации инновационного проекта:

В наличии имеется богатый инструментарий для решения поставленной задачи:

1. Спектрометр ЭПР E-12 (Varian). Имеет в своем составе блоки, позволяющие работу в стационарном режиме в диапазонах X (9,3 ГГц) и Q (37 ГГц) и при температурах 4,2-35 К и 130 – 300 К. Спектрометр снабжен гониометрическими устройствами.
2. Высокочастотный ЭПР-спектрометр Bruker-680.
3. Универсальный электронный цифровой вольтметр МНИПИ E7-21.

3. Перспективы реализации проекта

3.1. Видение перспектив дальнейшего использования результатов работ

Использование полученных данных для синтеза и применения образцов в качестве базисных элементов будущей спинтроники и современной электроники при решении технических задач создания усилителей, генераторов инфранизких частот, датчиков давления, температуры с частотным выходом сигнала, ячеек памяти и др.

3.2. Краткое содержание предполагаемых работ по реализации проекта

1. Изучение температурных зависимостей магнитных свойств $\text{La}_{1.875}\text{Sr}_{1.125}\text{NiO}_4$, $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$, $\text{LiCr}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ – первый год;

2. Измерение температурных зависимостей транспортных свойств $\text{La}_{1.875}\text{Sr}_{1.125}\text{NiO}_4$, $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$, $\text{LiCr}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Fe}_{1/3}\text{O}_2$, $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$; второй год.

Полученные результаты планируется представить на всероссийских и международных конференциях, проводимых по тематике выполнения проекта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] P. Lunkenheimer, S. Krohns, et al. *The European Physical Journal* **180** (2010) 61-89
- [2] A. Podpirka and Sh. Ramanathan, *Journal of Applied Physics* **109** (2011) 014606-014606-1-7
- [3] В.Г. Веселаго, *УФН* **179** №6 (2009) 689-694
- [4] Yu.L. Raikher, V.I. Stepanov, *Phys. Rev. B.* **50** (1994) 6250

Новые приборы и аппаратные комплексы

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАКЕТА MATLAB ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Р. Б. Зарипов

*Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского КазНЦ
РАН (420029, РТ, г. Казань, ул. Сибирский тракт 10/7)
e-mail: heckfy15@yandex.ru*

Измерения расстояний между спиновыми метками в сложных биологических системах является достаточно актуальными на данный момент. Из знания информации о расстояниях и взаимной ориентации между частицами в системе можно восстановить геометрию системы, сделать вывод о динамике изменений в системе и др. Одним из методов определения расстояний является импульсная спектроскопия электронного спинового эха (ЭСЭ), в частности двойной электрон-электронный резонанс (ДЭЭР) [1,2]. В импульсных экспериментах расстояние измеряется косвенным методом, то есть измеряемой величиной является дипольное взаимодействие между радикальными фрагментами. Поэтому для получения значения расстояния необходимо провести правильную обработку экспериментальных данных. К настоящему моменту уже предложены основные методы и подходы для анализа экспериментальных данных [3-5]. Неплохо разработана теория для описания системы, содержащая две спиновые метки. Однако, для систем с более двух радикальных центров задача усложняется [6].

Для сокращения временных затрат для получения информации об исследуемой системе одним из вариантов является оптимизация процессов обработки экспериментальных данных. В этой связи данная работа заключается в создании программы обработки экспериментальных данных по импульсному ДЭЭР. Отметим, что на данный момент существует ряд программ, позволяющих решать данную задачу. В частности, наибольшее распространение получил модуль для системы Matlab – DeerAnalysis [7]. Одним из главных недостатков данной программы является то, что она позволяет работать только с двумя радикальными центрами.

Предлагаемый вариант программы также является модулем программного комплекса Matlab. Основные требования от действия программы - возможность загружать экспериментальные данные с расширением DSC/DTA (типовое расширение файлов программы XEPR, управляющая работой спектрометра Eleksys E580), производить их обработку и выдавать информацию о расстоянии. Программа является к тому же масштабируемой, то есть при желании заказчика (пользователя) можно внедрить дополнительные модули обработки. На данный момент

программа позволяет обрабатывать данные для бирадикальной системы, в дальнейшем планируется расширить возможности программы для работы с многоспиновой системой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А.Д.Милов, К.М.Салихов, М.Д.Щиров, *ФТТ* **23** (1981) 975
- [2] M.Pannier, S.Veit, A.Godt et al., *J. Magn. Reson.* **142** (2000) 331.
- [3] D.Magraf, B.Bode, A. Marko, O. Schiemann, T. Prisner, *Mol. Phys.* **105** (2007) 2153
- [4] Ю.Д.Цветков, Ю.А.Гришин, *ПТЭ* **5** (2009) 5
- [5] S.Brandon, A.Beth, E.Hustedt, *J. Magn. Reson.* **218** (2012)
- [6] G.Jeschke, M.Sajid, M.Schulte, A. Godt., *Phys. Chem. Chem. Phys.* **11** (2009) 6580
- [7] <http://www.epr.ethz.ch/software/index>

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЖИДКИХ ВЗРЫВЧАТЫХ И ЗАПРЕЩЁННЫХ ВЕЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОМ ЯМР

А.Б. Конов

*Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского КазНЦ
РАН (420029, РТ, г. Казань, ул. Сибирский тракт 10/7)
e-mail: andrew.konov@gmail.com*

Этот проект ставит собой целью разработку физических основ для создания прибора, способного идентифицировать жидкие вещества: отличая безопасные жидкости (минеральная вода, газировки и т.д.) от опасных, которые могут являться компонентами взрывных устройств.

Необходимость в таких приборах возникла после событий 2006 года. В августе 2006 года террористы попытались пронести взрывное устройство на борт самолётов. Ими был придуман хитроумный план, когда в качестве компонент взрывных устройств использовались жидкости. Жидкости были замаскированы под энергетические напитки. К счастью, всё закончилось благополучно – злоумышленников обезвредили до того, как они смогли осуществить свой план. События августа 2006 года показали, что в арсенале служб безопасности отсутствуют средства для идентификации жидкостей.

Представляемый проект нацелен на разработку физических основ прибора, который смог бы «узнавать», что за жидкость находится в ёмкости без вскрытия упаковки. В основе его лежит явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Метод ЯМР на протяжении уже более полувека используется для изучения состава различных жидкостей, строения молекул. Он является мощнейшим инструментом исследования веществ. Одним из достоинств метода является то, что некоторые из параметров веществ можно измерять достаточно быстро – несколько секунд или десятков секунд. Такими параметрами являются времена поперечной (T_1), продольной (T_2) релаксаций ядер ^1H и коэффициент диффузии молекул (D). Значения этих параметров уникальны для каждой из жидкостей.

Перед проектированием опытного образца необходимо было провести модельные эксперименты по измерению трёх параметров $\{T_1, T_2, D\}$ для большого количества как опасных, так и неопасных жидкостей. Было отобрано 61 жидкость из списка неопасных («бытовых») жидкостей, которые были разделены на пять групп:

- минеральные воды (газированные/негазированные) – 15 шт.;
- сладкие газированные напитки (Pepsi, Mirinda и т.д.) – 14 шт.;
- фруктовые соки – 20 шт.;
- молочные продукты – 12 шт.;
- алкогольные напитки (пиво, водка, коньяк...) – 10 шт.

Опасные жидкости выбирались из следующих соображений:

- по информации из СМИ террористы пытались пронести с собой не сами жидкие взрывчатые вещества, а компоненты для синтеза; в частности, упоминался перекись водорода;
- большинство жидких взрывчатых веществ очень неустойчивы и с лёгкостью детонируют от удара, встряски, перепада температур (нитроглицерин, тетранитрометан, оксид марганца (VII), азотистоводородная кислота, метилнитрат); поэтому, скорее всего, злоумышленники будут использовать не сами взрывчатые вещества, а компоненты для их создания;
- многие реактивы для создания жидких взрывчатых веществ могут быть растворены в популярных химических растворителях без утраты своих реакционных/детонационных свойств; поэтому логично исследовать и растворители тоже.

На основе этих рассуждений был сформирован список из 16 наименований опасных жидкостей (*ацетон, диэтиловый эфир, метанол, гидразин, тосол, перекись водорода, перокс, гидроперит, гель для окрашивания волос, глицерин, толуол, этанол, серная, азотная и соляная кислоты*).

Измерения проводились на спектрометре высокого разрешения Avance 400 фирмы Bruker с резонансной частотой для ядер ^1H 400 МГц. Для измерения времён релаксации T_1 и T_2 использовались импульсные последовательности «инверсия-восстановление» и «спинового эха» соответственно. Коэффициент диффузии измерялся с помощью импульсной последовательности стимулированного эха с двумя градиентными импульсами. Значения $\{T_1, T_2, D\}$ получались путём аппроксимации экспериментальных данных одноэкспоненциальными зависимостями.

Оказалось, что на трёхмерных графиках (где по осям отложены значения величин T_1 , T_2 , и D) опасные и неопасные жидкости формируют области, практически не пересекающиеся между собой. Это можно видеть на рис. 1.

Более того, оказалось, что для большинства жидкостей достаточно измерения только пары параметров. Наиболее удобными являются параметры T_1 и T_2 (рис. 2).

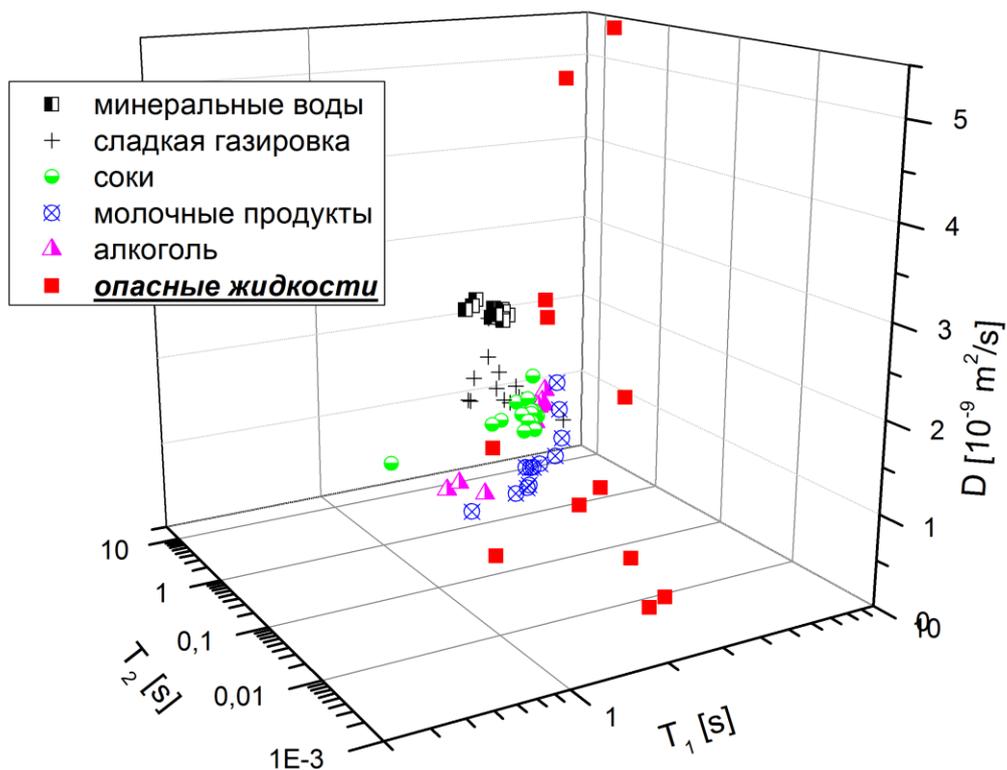


Рис. 1. Величины T_1 , T_2 и D для безопасных и опасных жидкостей

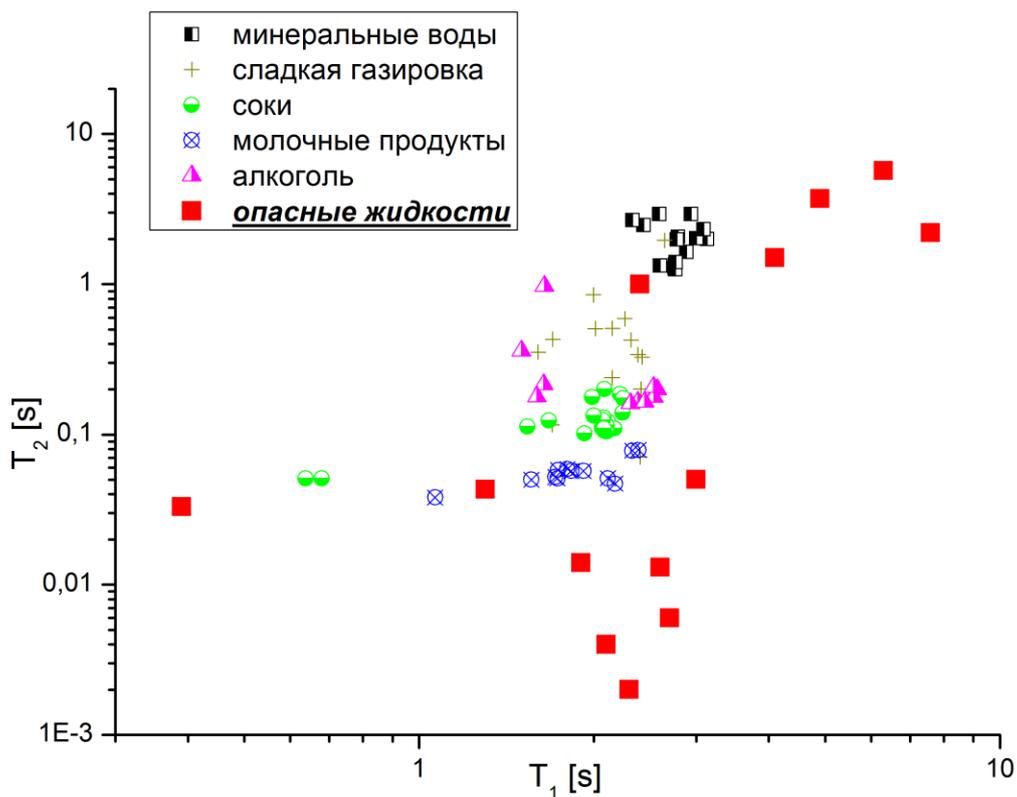


Рис. 2. Величины T_1 и T_2 для безопасных и опасных жидкостей

Результаты, представленные на рис. 1 и рис. 2 свидетельствуют о потенциальной применимости предлагаемого метода, поскольку этот метод позволяет различать жидкости между собой по указанным параметрам. Но

кроме точной работы прибора по определению типа жидкости также важно время идентификации жидкости. В модельных экспериментах по измерению параметров с высокой точностью измерение каждого из параметров занимало около 30 минут. В сумме измерение трёх параметров будет занимать около 1.5 часов, что, конечно же, никак не удовлетворяет условию быстрого сканирования ёмкости с жидкостью.

Была проведена серия экспериментов, направленная на сокращение времени измерения параметров $\{T_1, T_2, D\}$. Как оказалось можно снизить время измерения до, примерно, 30 секунд путём:

- сокращения временных промежутков в импульсных последовательностях;
- сокращения числа сканирований, по которым усредняются результаты измерения амплитуд сигнала ЯМР;
- сокращения числа точек на экспериментальных зависимостях амплитуды сигнала ЯМР от временных параметров импульсных последовательностей.

Сокращение указанных параметров проводилось до тех пределов, при которых точность измерения параметров ещё позволяла отличать жидкости между собой.

По итогам проведённой работы можно заключить, что предложенный метод распознавания жидкостей является перспективным для воплощения в реальном приборе. Он позволяет с достаточной точностью отличать одну жидкость от другой при небольшом времени сканирования.

СОЗДАНИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ ИЗМЕРЕНИЯ ОДНОРОДНОСТИ ОСНОВНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОГО ТОМОГРАФА.

И. Р. Ситдиков, А. Г. Гаврилов

КФУ, Институт Физики, г. Казань, ул. Кремлевская, 16.
iskandersit@gmail.com

Качество томографических изображений зависит от многих факторов: аппаратного и программного обеспечения, физических процессов, участвующих в сборе данных, свойств исследуемого объекта и окружающей среды. К примеру, перепады температур приводят к повышению уровня шума на изображениях, что, в свою очередь, приводит к снижению точности измерений. Самыми главными факторами, которые ключевым образом влияют на качество изображений, получаемых на томографическом оборудовании - являются стабильность и однородность постоянного магнитного поля. Однородность магнитного поля в МР-томографии сильно влияет на качество изображения, вызывая тем самым помехи. При больших неоднородностях магнитного поля приходится работать с большими градиентами.

Ни один магнит не создаст идеальное однородное магнитное поле. При эксплуатации магнитно-резонансных томографов необходимо создать в исследуемой области постоянное магнитное поле с неоднородностью не выше 10^{-5} .

Для повышения однородности магнитного поля проводится коррекция положений секций магнита. Для компенсации неоднородности магнитного поля используют шиммирующие катушки [1]. Шиммирующие катушки – это катушки с малым током, которые создают вспомогательные магнитные поля для компенсации неоднородности главного магнитного поля.

Настройка магнитного поля магнитно-резонансных томографов, производимых в КФТИ КазНЦ РАН, проводилась вручную. Перед тем как приступить непосредственно к настройке параметров магнитного поля магнитно-резонансных томографов, вручную производился математический расчет токов в катушках, что занимало очень много времени.

Именно, для решения этой проблемы было предложено разработать датчик для измерения однородности магнитного поля, а также печатной платы с микроконтроллером для управления платой мультиплексоров, которая способна выбирать контур датчика с заданными координатами.

Мультиплексорная плата необходима для подключения/переключения в определенный момент времени нужного контура датчика. Под мультиплексором подразумевается устройство, которое позволяет переключаться между несколькими входами и выходом под действием управляющего сигнала.

Планируется использовать мультиплексоры ADG728 компании AnalogDevices[2]. Они содержат 8 входных каналов и один выходной, а также имеют двухпроводной последовательный интерфейс.

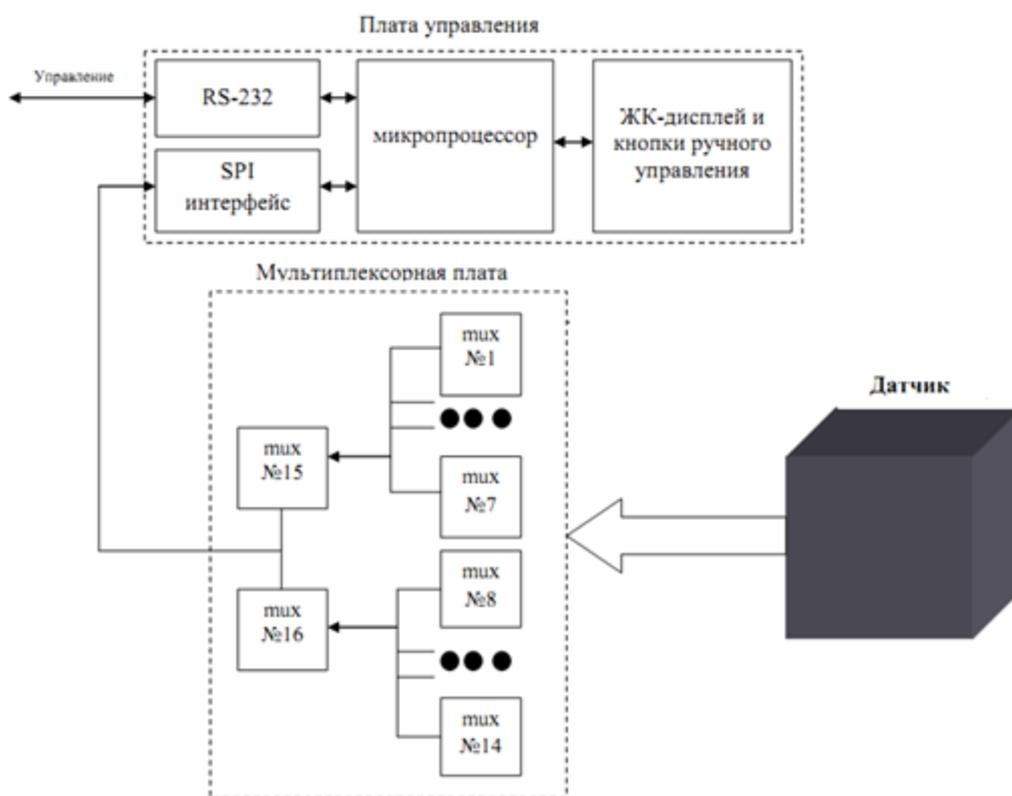


Рис. 1. Структурная схема автоматизированного комплекса измерения однородности

В дальнейшем планируется разработка и отладка программного кода для микропроцессорной платы AT90s8535 серии AVR фирмы Atmel [3], которая позволяет управлять датчиками однородности магнитного поля. Также, планируется связать микропроцессорную плату AT90s8535 с компьютером, обеспечивая функциональность микропроцессорной платы. Для этого необходимо реализовать программное обеспечение.

Планируется использовать демонстрационную версию компилятора языка C для этих микропроцессорных плат – AVR Studio 4.0. Компилятор AVR Studio 4.0 представляет собой интегрированную среду для программирования на языке C, обладающая следующими важными характеристиками:

- Интегрированный компилятор C/C++;
- Интегрированный симулятор;

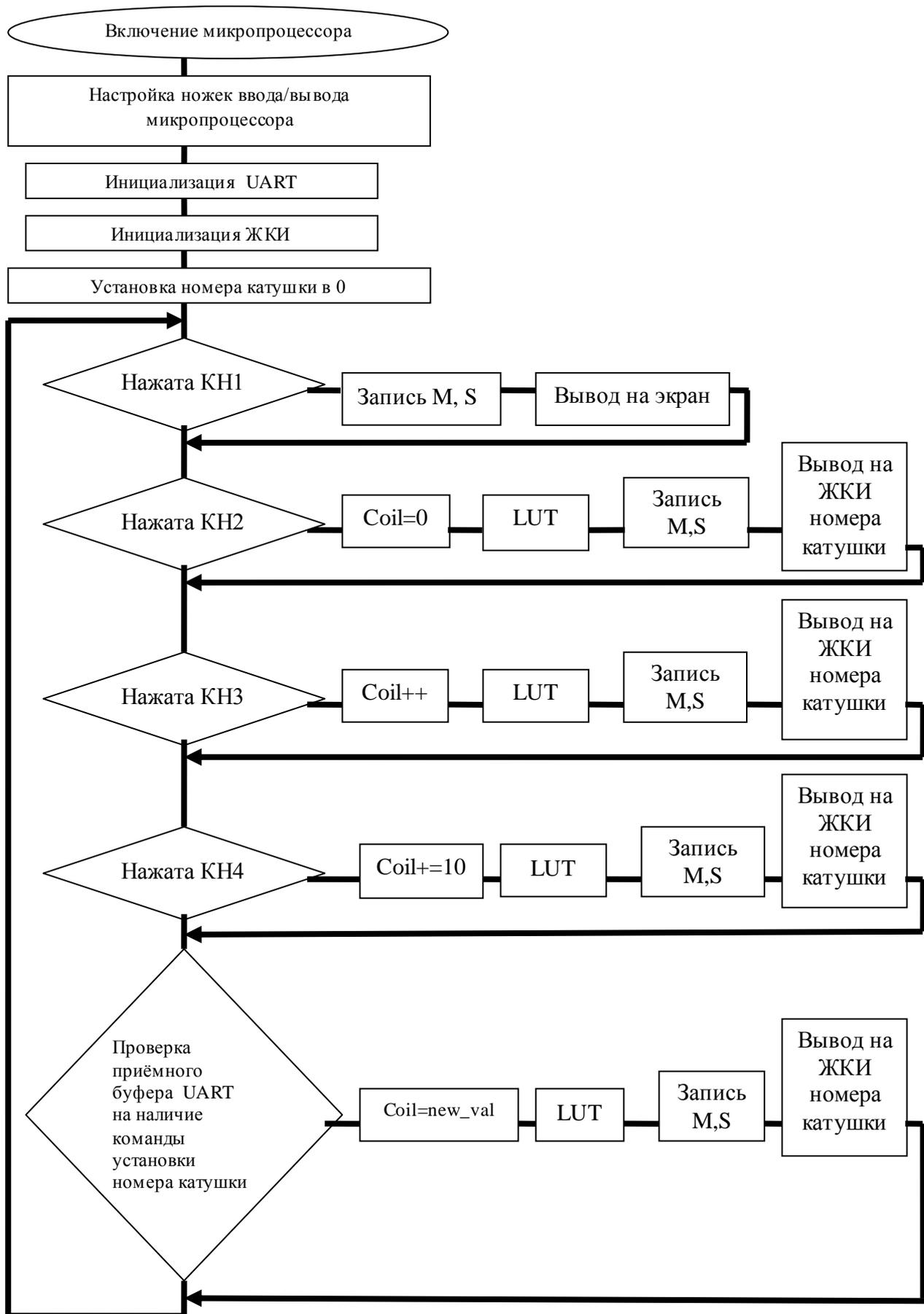


Рис. 2. Алгоритм работы микропроцессора.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ринк, П.А. *Магнитный резонанс в медицине* / П.А. Ринк, Р. А. Джонс, Й. Квернесс. – Backwellscientificpublications, 1993. – 247 с.

[2] *AD731 Datasheet*, Analog Devices Inc. (2003). Режим доступа:

http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/38931112587709ADG72531_a.pdf

[3] *AT90S8535 Datasheet*, Atmel Corp. (2001). Режим доступа:

http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?family_id=607&family_name=AVR+8%2DBit+RISC+&part_id=2000

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ РЕГИСТРАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ТВЕРДЫХ ТЕЛ И ИССЛЕДОВАНИЯ ТВЕРДОФАЗНОЙ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ СВЕТОВОМ ОТЖИГЕ

Б.Ф. Фаррахов

*Федеральное бюджетное учреждение науки
Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
(420029, г. Казань, ул. Сибирский тракт, д. 10/7)
E-mail: bulat_f@mail.ru*

Данная методика, основанная на регистрации дифракционной картины Фраунгофера от специальных периодических структур, позволяет во время проведения импульсного светового отжига (ИСО) с высоким временным разрешением исследовать структурно-фазовые переходы (твердофазную рекристаллизацию и плавление имплантированных полупроводников) ионно-легированного слоя полупроводника одновременно с измерением текущей температуры образца. Для этого, на поверхности полупроводниковой пластины предварительно формируются две измерительные дифракционные решетки: фазовая и амплитудная.

Процессы твердофазной рекристаллизации и плавления изучались по кинетике исчезновения и появления дифракционных максимумов от амплитудной решетки.

Температура образца отслеживалась по отклонению угла дифракции зондирующего лазерного луча от фазовой решетки, что вызвано изменением периода решетки вследствие ее теплового расширения.

В качестве полупроводниковых образцов использовались пластины монокристаллического кремния КДБ-1. Имплантация проводилась ионами P^+ энергией 40 кэВ и дозами от $6.3 \times 10^{14} \text{ см}^{-2}$ до $1.9 \times 10^{16} \text{ см}^{-2}$. ИСО проводился на установке УОЛ.П-1 излучением трех ксеноновых ламп вспышек. Длительность импульса варьировалась в диапазоне от 120 мс до 5 сек, а плотность мощности излучения от 120 до 1100 Вт/см².

Разработанная нами методика позволит создать технологию термической обработки имплантированных полупроводников с контролем и по температуре и по факту завершения требуемого процесса рекристаллизации, не влияя на параметры полупроводника.

Биотехнологии

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЕТЕКЦИИ НАНОЧАСТИЦ ПРИ ПОМОЩИ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В РАЗЛИЧНЫХ ЖИВЫХ СИСТЕМАХ

Ф.С. Ахатова, Г.И. Фахруллина, Р.Т. Минуллина, Р.Ф. Фахруллин

Казанский федеральный университет (Казань, ул. Кремлевская д. 18)
Farida125@mail.ru

С каждым годом синтезируются и применяются новые наноматериалы, детекция которых в живых организмах очень сложна. Визуализация частиц при помощи обычного светового микроскопа практически невозможна, а методы электронной микроскопии биологических образцов требуют многоэтапной пробоподготовки и дорогостоящих реактивов. На данный момент, метод гиперспектрального анализа является перспективным методом обнаружения и визуализации наночастиц. Спектральные кривые из библиотек могут быть использованы для классификации или автоматической идентификации частиц на гиперспектральном изображении. Создание спектральных библиотек облегчит идентификацию частиц в образцах. Спектральные библиотеки – это собрание спектральных кривых для наночастиц.

Для анализа токсических эффектов наночастиц изучают их воздействие на живые организмы [3]. В качестве модельных объектов для оценки токсичности часто используют одноклеточные организмы (бактерии, водоросли, микроспидеи) и культуры клеток [1].

Целью нашей работы явилась разработка простого и достоверного способа детекции наноматериалов при помощи гиперспектрального анализа с использованием бактерии *Escherichia coli* и свободноживущей почвенной нематоды *Caenorhabditis elegans*.

Нематоды хорошо изучены на организменном и молекулярном уровнях. Они являются первыми многоклеточными организмом, геном которых полностью расшифрован. Обнаружена высокая степень совпадения генома с геномом человека [2]. Использование нематод в качестве модельного объекта позволит исследовать распределение наноматериалов в целостном многоклеточном организме. Кроме того, нематода *C. elegans* является доступным и дешевым объектом. Малые размеры (около 1,5 мм) и прозрачность тела нематод позволяют детально изучить под микроскопом наличие наночастиц и их спектральные характеристики.

Первоначально, образцы бактериальных клеток *E. coli* и нематод *C. elegans* подвергали экспозиции в среде, содержащей различные концентрации исследуемых наноматериалов. Далее визуализировали их

при помощи методов световой, флуоресцентной и гиперспектральной микроскопии. Для получения качественных изображений, нематод предварительно обездвигивали 10 мМ азида натрия. 10-20 мкл суспензии образца помещали на обезжиренное предметное стекло и покрывали покровным стеклом. Исследуемые образец помещали на предметный столик микроскопа и получали изображение при помощи цифровой видеокамеры Axio Cam MRc 5 CCD и программного обеспечения Axio Vision. Гиперспектральные снимки получали при помощи гиперспектральной системы Cyto Viva[®]. При работе использовались объективы с увеличением x10, x20, x40 и x100. При использовании объектива с увеличением x100 работали в иммерсионной системе. Последующая обработка изображений производилась при помощи программного обеспечения Image J.

Кроме того, мы предлагаем использовать клетки одноклеточных микроорганизмов в качестве носителей наночастиц. Наночастицы, в определенной концентрации, могут быть нанесены на клеточную стенку микроорганизмов путем послойного нанесения противоположно заряженных полимерных пленок. Клетки с иммобилизованными наночастицами далее могут быть использованы в качестве питательного субстрата для нематод, в результате чего наночастицы специфически взаимодействуют с пищеварительной системой нематод.

Разработанная методика детекции наночастиц в живых системах ускорит процесс идентификации, сэкономит время и снизит расходы начального этапа обнаружения наноматериалов. В будущем данный метод позволит определить местонахождение наночастиц, которые были использованы в качестве компонентов лекарственных средств, в клетках человека и животных

ЛИТЕРАТУРА

- [1] O. Krystofova, Effect of magnetic nanoparticles on tobacco BY-2 Cell suspension culture, *Int J Environ Res Public Health*. (2012) 10:47-71
- [2] S. Brenner, The genetics of *Caenorhabditis elegans*. *Genetics*. (1974) 7:71-74.
- [3] G. I. Dāwlātšina, Microworms swallow the nanobait: the use of nanocoated microbial cells for the direct delivery of nanoparticles into *Caenorhabditis elegans*, *Nanoscale*. (2013) 5: 11761-11769.

АНТИМИКРОБНЫЕ СВОЙСТВА ШТАММА PANTOEA VAGANS 3.2

Д. Л. Илюхина

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ул. Кремлевская, 18 г. Казань, Россия,
e-mail: laia9301@mail.ru

1. ВВЕДЕНИЕ

Заражение кормов, продуктов питания и сельскохозяйственных культур микотоксичными грибами из родов *Aspergillus*, *Fusarium*, *Bipolyaris* и *Penicillium* – это экономическая проблема, которая привлекает пристальное внимание и вызывает необходимость санитарно-микробиологического контроля почвы. Представители рода *Fusarium* (анаморфные плесневые грибы) приносят вред народному хозяйству и, являясь патогенами, вызывают заболевания растений – фузариозы, отравления животных и человека токсинами — фузариотоксикозы. Растения больше поражаются грибами, чем бактериями. Тем не менее, известно довольно много бактериальных болезней растений – бактериозы, которые наносят огромный экономический ущерб, поражая ценные породы плодовых, эфирномасличных, технических и овощных растений. Среди примерно 2 млн. видов бактерий, существующих на нашей планете, только малая часть (менее 1%) выделяет биологически активные антимикробные метаболиты. В связи с этим, учеными ведется постоянный поиск новых бактерий, изучение их свойств и способность подавлять рост патогенных микроорганизмов. Ранее из почв лесного массива Республики Татарстан в нашей научно-исследовательской группе был выделен и идентифицирован штамм *Pantoea vagans* 3.2. В связи с этим целью данной работы явилось изучение антибактериальных и фунгицидных свойств *P. vagans* 3.2.

2. АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ШТАММА P. VAGANS 3.2

На агаризованной среде LB, благоприятной для роста бактериальных культур, исследовали антибактериальные свойства *P. vagans* 3.2 методом перекрестного посева [М. Егіка, 2013]. Установили, что *P. vagans* 3.2 обладает антибактериальными свойствами по

отношению к следующим культурам энтеробактерий: *S. enterica*, *E. coli* Dh5α, *M. organii*, *S. marcescens* Sm6, *S. grimesia*. По отношению к грамположительным бактериям *Bacillus pumilus* 3-19 и представителям идентичного рода (*P. ananatis* Cl-18, *P. agglomerans* U2-22) антибактериального действия штаммом *P. vagans* 3.2 не выявлено. Зоны ингибирования роста изолятов представлены на рисунке 1.



Рисунок 1- Зоны ингибирования роста изолятов: 1-*S. enterica*, 2- *S. marcescens* Sm6, 3- *S. grimesia*, 4- *Bacillus pumilus* 3-19, 5- *M. organii*, 6- *E. coli* Dh5α, 7- *P. ananatis* Cl-18, 8- *P. agglomerans* U2-22.

3. МИНИМАЛЬНАЯ ИНГИБИРУЮЩАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ШТАММА *P. VAGANS* 3.2

Для изучения минимальной ингибирующей концентрации антимикробного соединения, синтезируемого *P. vagans* 3.2, были использованы две бактериальные культуры энтеробактерий: *E. coli* Dh5α – классический модельный лабораторный штамм и *S. marcescens* Sm6 – условно-патогенный штамм, является возбудителем больничных, госпитальных бактериемий. Поскольку локализация антимикробного компонента *P. vagans* 3.2 неизвестна, проводили исследование культуральной жидкости и клеточного экстракта штамма на наличие антибактериальной активности. В качестве контроля на бактериальный рост использовали культуры *E. coli* Dh5α и *S. marcescens* Sm6 без добавления антимикробных соединений. Ампициллин в концентрации 100 мкг/мл использовали в качестве контроля на подавление роста тест-культур.

Установлено, что минимальная ингибирующая концентрация культуральной жидкости *P. vagans* 3.2 для подавления роста *E. coli* составила 10^5 , для подавления роста *S. marcescens* - 10^7 . При исследовании влияния клеточного экстракта *P. vagans* 3.2 на рост бактерий установили, что минимальная ингибирующая концентрация для подавления роста *E. coli* и *S. marcescens* равна 10^9 и 10^8 ,

соответственно. Ингибирующая концентрация контрольного антибиотика (ампициллина), вызывающая полное угнетение роста бактерий составила 10^{-5} для *E.coli* и 10^{-7} для *S. marcescens*. В контрольных рядах рост микроорганизмов наблюдался во всех лунках (рисунок 2).

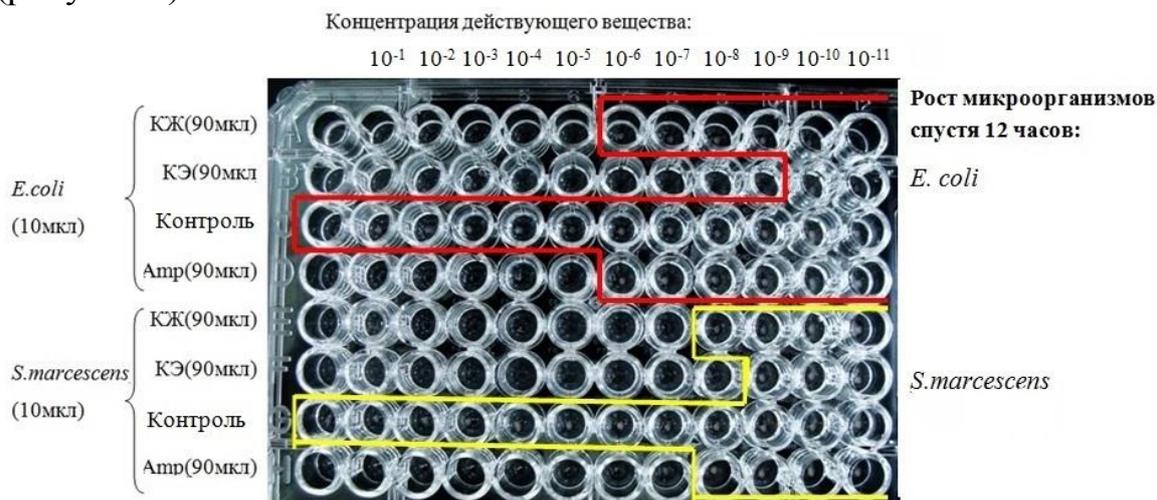
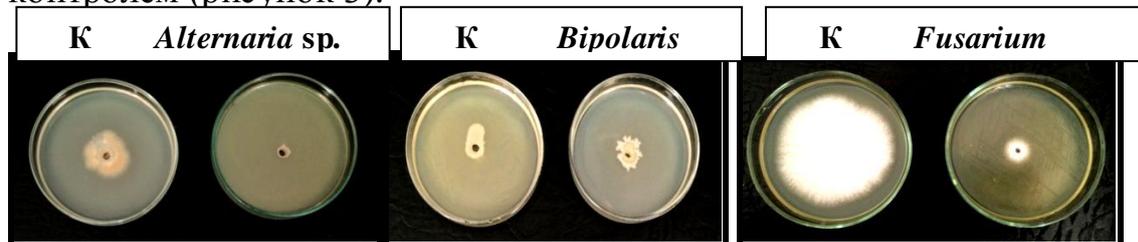


Рисунок 2. Определение МИК действующего вещества *P.vagans* 3.2, цветными линиями обозначены границы роста микроорганизмов.

Таким образом, установлено, что антибактериальный компонент *P. vagans* 3.2 присутствует как в культуральной жидкости, так и в клеточном экстракте штамма и определены его минимальные ингибирующие концентрации для подавления роста штаммов *E. coli* Dh5α и *S. marcescens* Smб.

4. ФУНГИЦИДНАЯ АКТИВНОСТИ ШТАММА *P. VAGANS* 3.2

Модифицированным методом Ivan Petatan-Sagahon (Int J Mol Sci. 2011) на агаризованной среде LB, изучали фунгицидную активность штамма *Pantoea vagans* 3.2. В качестве тестового объекта изучали 5 изолятов микромицетов рода *Fusarium*, выделенных с поверхности пораженных клубней картофеля и по одному представителю родов *Bipolyaris* и *Alternaria*, выделенных из пораженных корней листьев салата и петрушки. Установлено, что *P. vagans* обладает способностью к ингибированию роста всех изучаемых микромицетов по сравнению с контролем (рисунок 3).



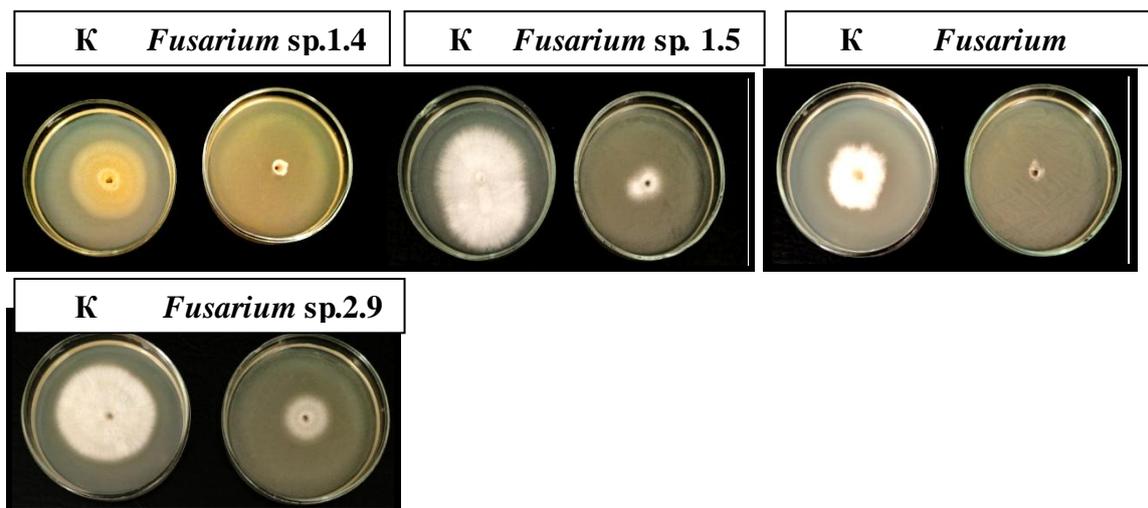


Рисунок 3. Культивирование штаммов на агаризованной среде LB. В качестве отрицательного контроля использовали среду с микромицетом без бактериального роста.

Максимальный ингибирующий эффект *P. vagans* 3.2 был обнаружен по отношению к штамму *Fusarium* sp. 1.1 – рост микромицета ингибировался на 87%. Высокая степень ингибирования роста (от 58% до 87%) бактериальным штаммом обнаружена по отношению ко всем исследуемым представителям рода *Fusarium*, а также рода *Alternaria* (71%). Минимальная способность к ингибированию роста гриба наблюдалась по отношению к роду *Bipolyaris* – 33%.

Таким образом, установлено, что штамм *P. vagans* 3.2 в процессе роста диффундировал в питательную среду соединения, оказывающие фунгицидное действие по отношению к микромицетам родов *Fusarium*, *Alternaria* и *Bipolyaris*. Наличие фунгицидной активности штамма *P. vagans* 3.2 может служить основой для создания инновационных микробных агробιοтехнологий для решения проблем, связанных с заболеваниями растений, вызванных представителями рода *Fusarium*, *Alternaria* и *Bipolyaris*.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] **Erika M. Toth** *Practical Microbiology / Microbiological Laboratoriumi Gyakorlatok* – 2013.
- [2] **Ivan Petatan-Sagahon**. Isolation of Bacteria with Antifungal Activity against the Phytopathogenic Fungi *Stenocarpella maydis* and *Stenocarpella macrospora* / *Int J Mol Sci*. 2011; 12(9): 5522-5537. PMC3189730.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ САХАРОВ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛИПИДНОЙ МЕМБРАНЫ

Конов К.Б.¹, Исаев Н.П.², Дзюба С.А.^{2,3}

¹*Казанский Физико-Технический Институт, 420029, Сибирский тракт, 10/7, Казань*

²*Институт химической кинетики и горения, 630090, Институтская, 3, Новосибирск*

³*Новосибирский государственный университет 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, д. 2.*

kostyakonov@yandex.ru

Сахара известны своими криозащитными свойствами [1]. Сахароза и трегалоза были найдены в большом количестве организмов, которые могут выживать при низких температурах. Считается, что сахароза и трегалоза защищает эти организмы от повреждающего действия замораживания и высушивания. Механизм действия криопротекторов до конца не изучен, однако, существует теория, согласно которой сахара могут вытеснять воду из непосредственного окружения полярной части липида, таким образом стабилизируя структуру липидной мембраны в отсутствие воды [2]. Также считается, что криозащитное действие сахаров связано с воздействием на подвижность липидного бислоя [3].

Для исследования воздействия сахаров на динамические свойства липидной мембраны хорошо подходят методы импульсного ЭПР. В данной работе использовался метод огибающей модуляции электронного спинового эха, который может дать ценную информацию о подвижности отдельной части липида при температурах ниже 260-270К.

Исследования проводились с использованием метода спиновой метки. К стеариновой кислоте химической связью присоединялась спиновая метка в 5 и 16 положении вдоль ацильной цепи. Затем стеариновая кислота смешивалась с фосфолипидомДФПГ и гидратировалась либо в водном растворе сахарозы, либо в водном растворе трегалозы. Изучалась разница в воздействии сахарозы и трегалозы на частоты либрационного движения спиновой метки.

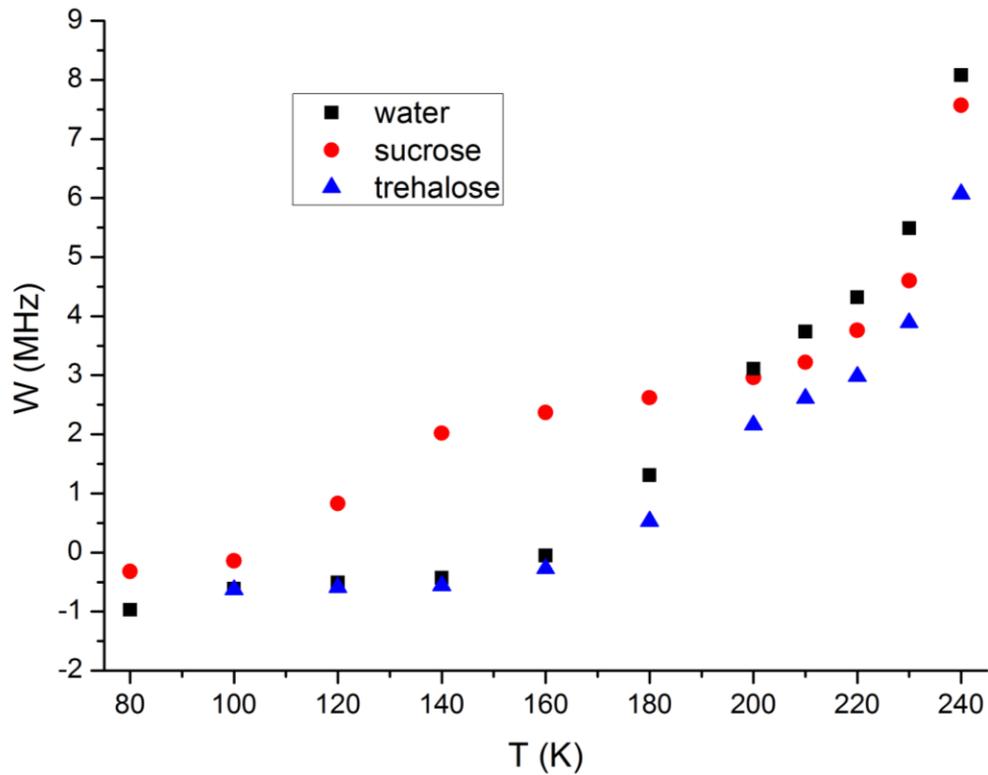


Рис.1 Частота анизотропных либрационных движений спиновой метки, присоединенной к стеариновой кислоте в 5 положении.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Crowe J.H., Crowe L.M., Carpenter et al, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1988, **947(2)**:367-84.
- [2] Strauss G., Schurtenberger P., Hauser H., *Biochim. Biophys. Acta*, 1986, **858**:169–180
- [3] Gennis R. *Biomembranes*, Mir, 1997

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРУКТУРЫ ДЕГРАДИРОВАННОЙ ДНК И ПОЛНОГЕНОМНОЙ АМПЛИФИКАЦИИ

А.Р. Сабирова, А.А. Буткина, О.А. Кравцова

*ФГАУО ВПО Казанский (Приволжский) федеральный университет
(г.Казань, ул.Кремлевская, д.18)
lina.alina-2009@yandex.ru*

1. АКТУАЛЬНОСТЬ

Доступное для анализа количество геномной и митохондриальной ДНК является ключевым фактором, от которого зависит успешность последующего применения многих современных методов молекулярно-генетического анализа. Последние несколько лет связаны с разработкой методов полногеномной амплификации (WGA, whole genome amplification), которые позволяют работать с малыми количествами стартового материала, что особенно актуально при выявлении точечных мутаций или хромосомных aberrаций в единичных клетках, например, при проведении ЭКО [1].

Методы WGA также можно использовать и при исследовании малых количеств деградированных ДНК, выделенных, например, из объектов биологического происхождения (при проведении генотипоскопической). При этом, особенно актуальным является разработка и оптимизация методов WGA при генетическом анализе древней ДНК, полученных из археологических источников (костная, зубная ткани человека и животных).

Несмотря на то, что рядом компаний (Qiagen, Германия; Sigma-Aldrich, США; New England Biolabs, Англия), являющихся лидерами в области молекулярных исследований, разработаны коммерческие наборы, эффективность их довольно низка при работе с деградированными образцами нуклеиновых кислот.

В связи с этим, целью данного исследования является разработка метода восстановления первичной структуры деградированной ДНК, выделенной из древней костной ткани (VIII-XVI вв.) и сравнительная характеристика различных методов WGA при проведении дальнейшего молекулярно-генетического анализа.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования были использованы образцы ДНК 3-х человек, выделенные из эпителиальных клеток с использованием

коммерческого набора «ДНК-сорбент» (НПФ «Литех», Россия). Деградацию выделенной ДНК проводили путем сонификации до стадии разрушения, эквивалентной размерам ДНК, экстрагируемой из костной ткани (в среднем, до 400-500 п.н.).

Восстановление первичной структуры ДНК проводилось на основе энзиматических модификаций, включающих использование ДНК-полимеразы I (большой фрагмент Кленова) и T7 ДНК-полимеразы для достраивания поврежденных одноцепочечных участков до двуцепочечных, с последующей сшивкой фрагментов с помощью T4 ДНК-лигазы [2].

Далее, для энзиматически модифицированных и исходных разрушенных матриц ДНК проведена полногеномная амплификация с использованием коммерческого набора «Repli-G FFPE kit» (Qiagen, Германия) и методами DOP-PCR и PEP-PCR [3].

Качество и количество полученных образцов ДНК оценивали спектрофотометрическим методом и с помощью электрофореза в агарозном геле. Эффективность энзиматической модификации и WGA оценивали на основе амплификации высокомолекулярных аутосомных и Y-STR маркеров (TPOX и DYS389I/II), размер ПЦР-продуктов находится в диапазоне 220-250 п.н., а также участков D-петли митохондриальной ДНК.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

Предварительные результаты исследования по восстановлению структуры и накоплению количеств деградированной ДНК показали наибольшую эффективность сочетания методов энзиматической модификации (как с ДНК-полимеразой I, так и с T7 ДНК-полимеразой) с последующей полногеномной амплификацией по протоколу PEP-PCR.

ЛИТЕРАТУРА

- [4] S.Hudges, N.Arneseon, S.Done and J.Squire, *Prog Biophys Mol Biol* **88** (2005) 173-189.
- [5] C.M.Pusch and I.Giddings, *Nucl. Acids Res.* **26** (3) (1998) 857-859.
- [6] N.Arneseon, S.Hudges, R.Houlston and S.Done, *CSH Protoc.* (2008) doi: 10.1101/pdb.prot4921.

НОВАЯ СИСТЕМА ПРОДУКЦИИ РЕКОМБИНАНТНЫХ БЕЛКОВ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ

А.А. Тойменцева, А.О. Тихонова, М.Р. Шарипова

Казанский (Приволжский) Федеральный Университет (420008, г.
Казань, ул. Кремлевская 18)
e-mail: TojmencevaAA@mail.ru

Развитие современных методов секвенирования и биоинформационного анализа позволило накопить новые знания о разнообразии про- и эукариотических белков, которые могут быть использованы в медицине, промышленности и сельском хозяйстве. Особый интерес представляют микроорганизмы рода *Bacillus*: бактерии этого рода отличаются отсутствием патогенности (многие бациллы имеют статус международно-признанных безопасных микроорганизмов - generally recognised as safe), способностью пролиферировать при высокой плотности популяции и развитой системой секреции, которая обеспечивает выход в среду большого количества вторичных метаболитов (пептиды, белки, ферменты, антибиотики). Такие продукты метаболизма, а также сами клетки бацилл представляют реальный практический интерес [1]. Ярким примером активного внедрения бациллярных культур в медицинскую практику в России является производство отечественного ферментного препарата - «Споробактерин», содержащего живую культуру штамма *Bacillus subtilis* 534 [2] и применяемого для лечения острых бактериальных кишечных инфекций (дизентерии, сальмонеллезов), дисбактериозов после перенесенных бактериальных инфекций при применении антибиотиков. Для нужд сельского хозяйства (кормопроизводства, спиртопроизводства) существует ряд технологических схем использования комплекса нейтральных и щелочных протеиназ, антибиотиков производимых на основе культур *Bacillus subtilis* (предприятия «Сиббиофарм», «Соитра», «Башспирт» и др.). Протеазы бацилл используются также в детергентной промышленности для улучшения моющих свойств стиральных порошков, многие ферменты обладают фибринолитической активностью, что определяет потенциал их использования в качестве тромболитических средств [3].

Для того чтобы получить микроорганизм-продуцент с высоким выходом белка (фермента) используют экспрессионные системы. Экспрессионная система представляет собой вектор (плазмиду), содержащий сильный регуляторный элемент - промотор. Сегодня

большую долю разрабатываемых экспрессионных систем для получения рекомбинантных белков занимают само-индуцибельные промоторы или промоторы, основанные на индукции стрессовыми факторами. Главное преимущество таких промоторов – дешевизна. Таким образом, перечисленные свойства бацилл свидетельствуют о высоком биотехнологическом потенциале этих бактерий и их гидролитических ферментов, что диктуют поиск и разработку новых эффективных систем экспрессии для клонирования отдельных генов и изучения биологической активности их продуцентов.

На основе знаний о функционировании двухкомпонентной сигнальной LiaRS системы *Bacillus subtilis*, отвечающей в клетках за целостность клеточной мембраны, в настоящей работе была сконструирована новая экспрессионная система (LKE-система, от нем. **L**ia-**K**ontrollierte **E**xpression) для получения рекомбинантных белков в клетках бацилл. Показано, что присутствие сублетальных концентраций антибиотиков в среде воспринимается бациллярной клеткой с помощью специфической LiaRS двухкомпонентной системы. Гены, которые наиболее сильно реагируют на присутствие антибиотиков, т.е. их экспрессия значительно повышается уже через 5-10 мин после добавления индуктора – *liaH*, находятся под контролем данной LiaRS системы. LiaRS система хорошо охарактеризована и имеет сильный индуцибельный промотор P_{liaI} [4]. Схема создания новой экспрессионной системы представлена на рисунке 1. Для увеличения продукции целевых белков провели оптимизацию рибосом-связывающего сайта (Шайна-Дальгарно), ответственного за эффективность трансляции. Показано, что в клетках *Bacillus subtilis* оптимальной последовательностью Шайна-Дальгарно является – **taaggagg**–, а расстояние от данного бокса до стартового (ATG) кодона гена - 7 нуклеотидов. Такое расположение структур в регуляторной области гена повышает эффективность трансляции за счёт усиления комплементарности мРНК к 3'-концевому фрагменту 16S рРНК.

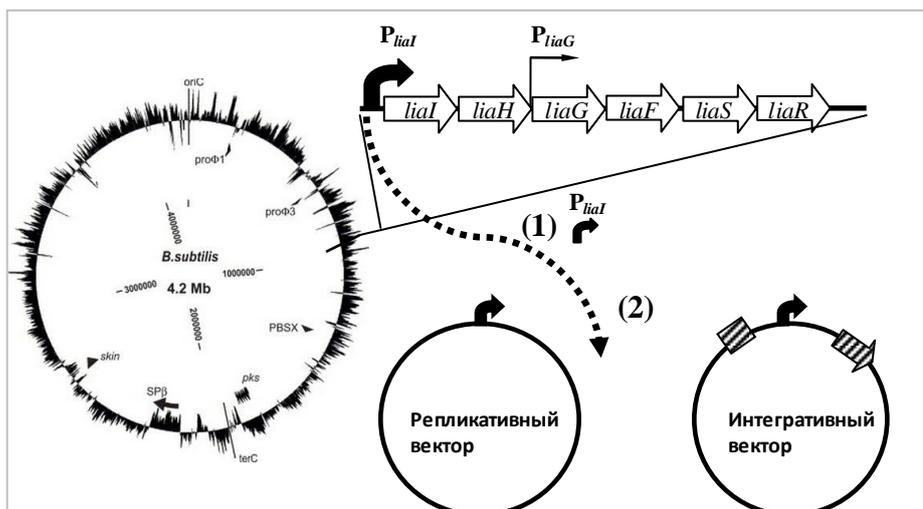


Рисунок 1. Схема создания новой экспрессионной системы *Bacillus subtilis* на основе промотора *liaH*-оперона. На первом этапе проводили выделение промотора P_{liaI} из генома *Bacillus subtilis* 168 и его модификацию в области SD-сайта методом ПЦР (1). Далее проводили клонирование промотора в репликативный и интегративный векторы (2).

Были выбраны два типа векторов: интегративный - pDG1662, содержащий разделенный ген *amyE*, для встраивания (интеграции) вектора в геном *Bacillus subtilis* и мультикопийный репликативный вектор - pGP380. Конструирование новых векторов представлено на рисунке 2.

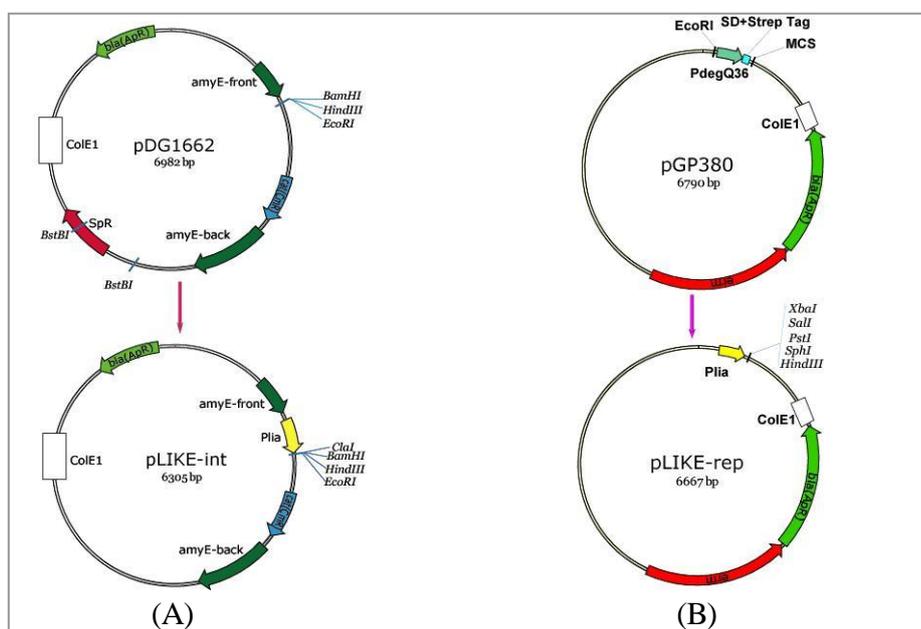


Рисунок 2. Схема конструирования интегративного (A) и репликативного (B) векторов LIKE-системы экспрессии.

Сконструированные векторы различаются копийностью. Вектор pLIKE-int, при трансформации в клетки *Bacillus subtilis*, позволяет интегрировать рекомбинантную конструкцию (промотор P_{liaI} + ген

интересуемого белка) в хромосому за счёт содержания в его составе участков гена амилазы (*amyE-back* и *amyE-front*). Вектор pLIKE-rep, реплицирующийся в клетках как плаزمид (шатл *Escherichia coli/ Bacillus subtilis*), позволяет получить несколько копий ДНК на клетку. Эффективность разработанной системы была подтверждена с использованием репортёрных белков – бета-галактозидазы (LacZ), зеленого флуоресцентного белка (GFP) и декарбоксилазы (YdfG). LIKE-система экспрессии активируется уже через 10-20 минут после добавления в среду индуктора. Использование репликативного вектора (pLIKE-rep) позволило получить выход рекомбинантного белка GFP в 7 раз выше, чем при использовании интегративной конструкции (pLIKE-int), что обусловлено увеличением копии ДНК на клетку. Однако, использование интегративной конструкции позволило получить невысокую, но стабильную экспрессию гена в составе генома. Высокого уровня продукции рекомбинантного белка в составе LIKE экспрессионной системы удалось добиться благодаря оптимизации рибосом-связывающего сайта в регуляторном участке *liaI*-оперона (P_{liaI}). Оптимизация повышала уровень трансляции в ~6 раз. Таким образом, LIKE-система обладает значительным потенциалом для продукции внутриклеточных рекомбинантных белков.

В дальнейшем, будет проведено апробирование новой LIKE-экспрессионной системы для продукции внеклеточных протеолитических ферментов *Bacillus pumilus*, обладающих высокой тромболитической, фибринолитической и антикоагулянтной активностями и имеющими высокий потенциал для применения в медицине. Для расширения свойств разработанной LIKE-экспрессионной системы, будут подобраны эффективные сигнальные пептиды и беспротеазные рекомбинантные штаммы-реципиенты для исключения деградации чужеродных белков. Новая экспрессионно-секреторная система может быть внедрена в производство биомедицинских препаратов, для продукции гетерологичных белков, используемых в научно-исследовательской работе и в производстве.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] J.M. van Dijl and M. Hecker, *Bacillus subtilis: from soil bacterium to super-secreting cell factory*, *Microb. Cell Fact.*, **12:3** (2013) 1-6.
- [2] Патент РФ RU 2217154 «Препарат споробактерин жидкий», Описание изобретения к патенту, 12.09.2001 <http://www1.fips.ru>
- [3] Ю.В. Данилова с соавт., *Тромболитическая и фибринолитическая активность бактериальных протеаз*, *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия*. **Т.7** (2012) 49-51.

- [4] D.T. Wolf, *et al.*, *In-depth profiling of the LiaR response of Bacillus subtilis*, *J. Bacteriol.* **V.192** (2010) 4680-4693.
- [5] A.A. Toymentseva, *et al.*, *The LIKE system, a novel protein expression toolbox for Bacillus subtilis based on the liaI promoter*, *Microb. Cell Fact.*, **11:143** (2012) 1-13.