

«УТВЕРЖДАЮ»
Заместитель директора ГЕОХИ РАН
Д.Т.-М.Н.


О.А. Луканин

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Страполовой Виктории Николаевны**

«Разработка терморегулирующего покрытия, содержащего наночастицы оксидов металлов», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнология и наноматериалы (химия и химическая технология)

Актуальными физическими и материаловедческими задачами являются исследование влияния наночастиц на свойства терморегулирующих покрытий. Диссертационная работа Страполовой Виктории Николаевны, направлена на создание терморегулирующих покрытий с высокой и стабильной в условиях эксплуатации адгезионной прочностью, которая благоприятно скажется на защитной и эксплуатационной способности покрытий. Использование полученных результатов позволит в дальнейшем разрабатывать покрытия с повышенными эксплуатационными характеристиками для ракетно-космической техники.

Целью диссертационной работы является разработка состава наномодифицированного терморегулирующего покрытия класса «истинный поглотитель» с улучшенными оптическими и адгезионными свойствами для космических аппаратов различного назначения.

Научная новизна диссертации определяется тем, что:

1. Установлен эффект увеличения адгезии к сплаву АМг6 терморегулирующего покрытия за счет введения наночастиц Fe₃O₄.

2. Выявлено влияние формы частиц ZnO (цветочноподобных, стержнеобразных, сфер) на оптические коэффициенты покрытий.

3. Впервые установлено, что введение наночастиц ZnO цветочноподобной формы в рецептуру эмали способствует снижению коэффициента яркости терморегулирующего покрытия класса «истинный поглотитель» до 1 %.

Выполненные исследования имеют существенную практическую значимость. Автором разработана рецептура и технология изготовления

эмали для получения ТРП класса «истинный поглотитель» с коэффициентом яркости покрытия менее 1%. Разработанное лакокрасочное ТРП с частицами оксида цинка внедрено на изделиях АО «НПП «Геофизика-Космос», на приборах ООО НПЛ «Метропир».

Диссертационная работа изложена на 159 страницах, содержит 48 таблиц и 51 рисунок, включает список сокращений и условных обозначений, введения, трех глав, заключения, списка цитируемой литературы (171 ссылки) и одного приложения.

В первой главе, литературном обзоре, проведен анализ современной научной литературы по тематике диссертации. Рассмотрены современные материалы и покрытия, используемые в системах терморегуляции современных космических аппаратов, способы их нанесения, ремонта, стойкость к воздействию факторов космического пространства. Проведен анализ радиационно-стойкие пигментов и связующих для изготовления терморегулирующих покрытий. Обозначено направление проводимых исследований в области наномодифицирования материалов для космической техники.

Исходя из анализа литературных источников, автором сформулирована цель настоящей работы и пути ее достижения.

Во второй главе, методической части, представлена информация о материалах и реактивах, использованных в работе, методики изготовления наночастиц оксида железа и частиц оксида цинка, методы исследования свойств эмали и покрытий и испытаний покрытий.

Использованные автором сырье и реактивы российского производства изготовлены по ГОСТ или ТУ.

Приведены методики изготовления частиц $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 со средним диаметром частиц 10, 25, 70, 80 и 100 нм. Для обеспечения равномерного распределения в покрытии частицы были покрыты оболочкой из SiO_2 . Оболочка из SiO_2 была получена модифицированным методом Штобера.

Приведены методики изготовления частиц ZnO сферической, диаметром 20 ± 5 нм, стержнеобразной, диаметром 110 нм и 210 нм, и цветочноподобной формы с диаметром стержня в цветке 560 нм.

Для исследования физико-химических характеристик материалов и покрытий при комплексном воздействии ФКП (электронное, протонное и УФ-излучения, электромагнитное излучение Солнца) использован автоматизированный стенд УВ-1/2 (ОАО «Композит»).

Коэффициент яркости покрытий определялся на экспериментальной установке с использованием специальных разработанных программ (ОАО «Композит»)

В третьей главе диссертационной работы представлены результаты разработки терморегулирующего покрытия класса «истинный поглотитель» содержащего наночастицы оксидов железа или частицы оксида цинка и исследования изменения его свойств при воздействии имитации факторов космического пространства.

Проведены исследования стойкости черных пигментов и наполнителей к воздействию факторов космического пространства. На основании полученных данных выбраны исходные компоненты для составления рецептуры эмали. Исследовано влияние каждого компонента, входящего в состав эмали на ее свойства и покрытия на ее основе.

Для изучения влияния наночастиц $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 на оптические свойства сополимера АС выбраны образцы наночастиц $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Fe_3O_4 со средним диаметром частиц 10, 25, 70, 80 и 100 нм. Для получения наночастиц размером 100 нм при выполнении диссертации была разработана модифицированная методика, основанная на методе старения. Показано, что наночастицы оксида железа влияют на увеличение адгезии покрытия к сплаву алюминия с магнием АМг6 при этом термооптические характеристики покрытия не изменяются.

Изучено влияние четырех видов частиц оксида цинка на свойства покрытий. Показано, что введение стержнеобразных частиц с диаметром 210 нм и цветочноподобных частиц приводит к увеличению термооптических характеристик покрытия.

С целью получения покрытия с низким коэффициентом яркости были модифицированы условия нанесения покрытия методом пневматического распыления. Модификация заключалась в определении наиболее подходящей вязкости эмали, содержащей частицы ZnO цветочной формы, диаметра сопла краскораспылителя, толщины каждого слоя многослойного покрытия и пр.

Представлены данные по изменению свойств покрытий после проведения ускоренных климатических испытаний, имитации воздействия факторов космического пространства, термоциклирования, газовой выделенности покрытий. Показано, что введение частиц оксида железа и частиц оксида цинка не оказывают влияния на радиационную деградацию оптических характеристик покрытия, однако обеспечивают большую стабильность поверхности к радиационному разрушению ее структуры.

Проведены исследования влияния наночастиц оксида железа и частиц оксида цинка на адгезионные характеристики покрытий. Испытания показали, что облучение протонами и электронами упрочняет структуру покрытия, содержащих наночастицы оксида железа и частицы оксида цинка

цветочноподобной формы. Частицы других форм оксида железа практически не влияют на упрочнение структуры покрытия.

Сравнение свойств разработанного покрытия показало, что Полученные покрытия имеют оптические характеристики, превышающие известные российские и зарубежные аналоги.

Результаты работ опубликованы в 2 научных статьях, 10 тезисах докладов и 3 патентах Российской Федерации.

Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации.

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Автор утверждает, что им был разработан метод старения для получения оксида железа, хотя приводится формула магнетита.

2. Не очень ясно, как влияют магнитные свойства магнетита на свойства покрытия.

3. Из данных автореферата (таблица 4) можно видеть, что некоторые параметры разработанного покрытия, например коэффициент поглощения солнечного излучения составляет 0,99 и незначительно отличается для известного покрытия, разработанного в США (0,97). Какими еще преимуществами характеризуется разработанное покрытие от имеющихся аналогов?

Сделанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы.

По результатам ознакомления с содержанием диссертации, автореферата и опубликованных автором работ можно сделать следующее заключение.

Диссертация Страполовой Виктории Николаевны «Разработка терморегулирующего покрытия, содержащего наночастицы оксидов металлов» является законченной научно-квалификационной работой и выполнена на хорошем теоретическом и экспериментальном уровне.

Работа соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней ВАК РФ (пункты 9-14 «Положение о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842).

Ведущая организация считает, что автор работы Страполова Виктория Николаевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.16.08 – Нанотехнология и наноматериалы (химия и химическая технология).

Диссертация и отзыв ведущей организации рассмотрены на заседании лаборатории концентрирования Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН от 26 апреля 2018 г., протокол № 2.

Доктор химических наук,
Главный научный сотрудник,
Заведующий лабораторией концентрирования

Марютина Татьяна Анатольевна

Подпись руки *Марютина Татьяна Анатольевна*
удостоверяю *Иванов Иван Иванович*
Зав. канцелярией ГЕОХИ РАН

Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН
119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.19
Телефон +7(499)137-14-84,
E-mail: geokhi.ras@relcom.ru