

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

**СТЕНОГРАММА**

заседания диссертационного совета Д 002.110.02 на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Объединенного института высоких температур Российской академии наук  
(125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)  
от 19 октября 2016 г. (протокол № 13)

Защита диссертации **Васильевой Татьяны Михайловны**  
на соискание ученой степени доктора технических наук  
**«Получение биоактивных соединений и материалов на основе  
процессов, стимулированных пучково-плазменным воздействием на  
вещество»**

Специальность 01.04.08 – физика плазмы

## СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 002.110.02 на базе  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Объединенного института высоких температур Российской академии  
наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2)  
Протокол № 13 от 19 октября 2016 г.

Диссертационный совет Д 002.110.02 утвержден Приказом Министерства образования и науки РФ от 11.04.2012 г. № 105/нк в составе 31 человека. На заседании присутствуют 22 человека, из них 12 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 10 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

**Председатель** – зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02 д.ф.-м.н., профессор Андреев Н.Е.

**Ученый секретарь** – ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02 к.ф.-м.н. Васильев М.М.

1	Фортов В.Е.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
2	Канель Г.И.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
3	Андреев Н.Е.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
4	Васильев М.М.	К.ф.-м.н.	01.04.08	Присутствует
5	Агранат М.Б.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.14	Отсутствует
6	Амиров Р.Х.	Д.ф.-м.н., с.н.с.	01.04.08	Присутствует
7	Баженова Т.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
8	Вараксин А.Ю.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
9	Васильев М.Н.	Д.т.н., профессор	01.04.14	Присутствует
10	Василяк Л.М.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
11	Ваулина О.С.	Д.ф.-м.н.	01.04.08	Отсутствует
12	Воробьев В.С.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
13	Голуб В.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
14	Гордон Е.Б.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Отсутствует
15	Грязнов В.К.	Д.ф.-м.н.	01.04.14	Присутствует
16	Зейгарник Ю.А.	Д.т.н., с.н.с.	01.04.14	Присутствует
17	Еремин А.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
18	Иванов М.Ф.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
19	Иосилевский И.Л.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
20	Кириллин А.В.	Д.ф.-м.н.	01.04.14	Присутствует
21	Лагарьков А.Н.	Академик, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
22	Ломоносов И.В.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
23	Медин С.А.	Д.т.н., профессор	01.04.14	Присутствует
24	Норман Г.Э.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
25	Петров О.Ф.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
26	Полежаев Ю.В.	Чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор	01.04.14	Отсутствует
27	Савватимский А.И.	Д.т.н.	01.04.14	Присутствует
28	Сон Э.Е.	Чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
29	Старостин А.Н.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует
30	Храпак А.Г.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.14	Присутствует
31	Якубов И.Т.	Д.ф.-м.н., профессор	01.04.08	Присутствует

## ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации доцента департамента химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)» (МФТИ) **Васильевой Татьяны Михайловны** на тему «Получение биоактивных соединений и материалов на основе процессов, стимулированных пучково-плазменным воздействием на вещество». Диссертация впервые представлена на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы. Диссертация выполнена на кафедре общей химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)», МФТИ, Министерства образования и науки РФ (141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., д. 9, <https://mipt.ru>).

### Официальные оппоненты:

**Коротеев Анатолий Анатольевич** – гражданин РФ, д.т.н., академик РАН, директор научно-образовательного инновационного центра «Новые космические технологии и наземные высокотехнологичные процессы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (сокращенное название, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3).

**Акишев Юрий Семенович** – гражданин РФ, д.ф.-м.н., профессор, начальник лаборатории кинетики слабоионизированной плазмы Акционерного Общества "Государственный Научный Центр Российской Федерации Троицкий Институт Инновационных и Термоядерных Исследований" (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ», РФ, 142190, г. Москва, г. Троицк, ул. Пушкиновых, вл. 12).

**Титов Валерий Александрович** – гражданин РФ, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник лаборатории 3-6 «Химия гибридных наноматериалов и супрамолекулярных систем» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук (ИХР РАН, РФ, 153045, г. Иваново, ул. Академическая, д.1).

### Ведущая организация:

**Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН, РФ, 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д.29).**

На заседании присутствуют официальные оппоненты д.т.н., академик РАН Коротеев А.А., д.ф.-м.н., профессор Акишев Ю.С., д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Титов В.А., к.ф.-м.н. Филимонова Е.А., к.ф.-м.н. Сон К.Э., д.х.н., профессор, зав. лаб. инженерии ферментов ФГУ ФИЦ «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Институт биоинженерии Варламов В.П.

## СТЕНОГРАММА

### Председатель

У нас сегодня одна защита. Васильева Татьяна Михайловна. Называется так: «Получение биоактивных соединений и материалов на основе процессов, стимулированных пучково-плазменным воздействием на вещество» по специальности 01.04.08 – физика плазмы. Михаил Михайлович познакомит нас с необходимыми материалами.

### Ученый секретарь

*(Зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ).*

### Председатель

Есть вопросы какие-нибудь? Вопросов, как я вижу, нет. Поэтому слово предоставляется Татьяне Михайловне. Сорок минут, как я понимаю, достаточно.

### Васильева Т.М.

*Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Васильевой Т.М. прилагается).*

### Председатель

Спасибо, Татьяна Михайловна. У нас время для вопросов. Пожалуйста.

### Вараксин А.Ю.

Название диссертации у Вас «Получение биоактивных соединений и материалов на основе процессов, стимулированных пучково-плазменным воздействием на вещество», но у Вас в докладе было мало сказано о самих параметрах плазмы. Пожалуйста, скажите несколько слов о том, как варьировали и оптимизировали параметры плазмы для получения того или иного биологического эффекта.

### Васильева Т.М.

Да, такая оптимизация проводилась. Во-первых, были исследованы способы оптимизации с помощью варьирования плотности тока электронного пучка. Потому что интегральным энергозатратом можно управлять с помощью параметра  $j_b$  (показывает слайд № 26 презентации доклада). Этот параметр также зависит и от значения самого тока пучка. И экспериментально доказано, что так и можно делать. Но здесь возникает проблема устойчивости реакционного объема: если повысить ток пучка достаточно сильно, например до 10 мА, мы можем получить неустойчивость реакционного объема в виде пучково-плазменного разряда. А это в свою очередь приводит к сложностям с точки зрения получения необходимого биологического эффекта у продуктов пучково-плазменного воздействия. Во-вторых, также можно управлять ускоряющим напряжением пучка и такая возможность обсуждалась в диссертационной работе. Но здесь возникает проблема другого рода: начинает генерироваться достаточно жесткое рентгеновское излучение, что требует дополнительной радиационной защиты и, главное, есть большая вероятность того, что мы повредим биологический образец именно посредством радиационно-химического воздействия. И, конечно же, для достижения наших целей этого эффекта следует избегать. Мы проводили эксперименты по сепарации эффектов пучково-плазменного воздействия на биообразец, и в этих экспериментах было показано, что быстрые электроны пучка не просто не дают получить биологически активный образец, но они необратимо повреждают биоматериал, дальнейшая работа с которым становится невозможной. Также при повышении ускоряющего напряжения пушки есть

ограничения, связанные с работой выводного устройства. И как показали наши исследования, оптимальным способом управления являлись варьирование давления плазмообразующего газа и режима сканирования электронного пучка, поскольку в этом случае мы фактически влияем на плотность тока пучка.

### **Председатель**

То есть по оптимизации параметров проводилась некоторая работа. Насколько диссертант ответила на ваш вопрос? Пожалуйста.

### **Голуб В.В.**

Насколько я понял, у Вас было давление плазмообразующей среды выше 130 Паскаль. Давление у Вас было выше 1 Торр. Правильно ведь?

### **Васильева Т.М.**

Да.

### **Голуб В.В.**

Поэтому для работы пушки, а пушка у Вас была, очевидно, с подогревным катодом пришлось установить высоковакуумный объем. Пытались ли Вы в своей работе использовать пушку с холодным катодом – тогда бы этих проблем у Вас не было.

### **Васильева Т.М.**

Нет, мы не использовали пушку с холодным катодом, мы использовали термокатод. Хотя в качестве продолжения работы можно попробовать использовать и другие типы катодов.

### **Амиров Р.Х.**

Одной из задач, о которых Вы упомянули, было допирование графена атомами азота. У Вас очень интенсивно шел этот процесс – порядка 3% достигало содержание азота после модификации. Как Вы думаете, это допирование происходило по изначально существующим дефектам в решетке графена, или по дефектам, которые возникали в результате действия на материал электронного пучка?

### **Васильева Т.М.**

Когда мы работали с графеном, мы использовали не чисто электронно-пучковую плазму, мы использовали комбинацию пучка и газового разряда, т.е. гибридную плазму. Это, с одной стороны, оказалось эффективным с точки зрения допирования, а с другой стороны мы как раз избегали излишнего повреждения материала, т.к. графен был однослойный и дефектов при пучково-плазменной обработке там возникало много. На самом деле в графене достаточно много дефектов, которые возникают в процессе самого синтеза.

### **Амиров Р.Х.**

Т.е. процесс все-таки идет на дефектах? И если бы была идеальная кристаллическая структура, Вам вряд ли бы удалось провести внедрить туда азот?

### **Васильева Т.М.**

Я думаю, что внедрение азота происходило, как по существующим дефектам, так и по дефектам, образованным в результате плазменного воздействия.

### **Амиров Р.Х.**

И последний вопрос, каким методом диагностики проверялось однозначно допирование азотом структуры графена, а не, например, атомами водорода? Вы ведь использовали в качестве плазмообразующей среды аммиак.

**Васильева Т.М.**

Да, мы использовали в качестве плазмообразующей среды аммиак. И коллеги использовали для диагностики рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию (*показывает слайд презентации*).

**Амиров Р.Х.**

XPS-метод?

**Васильева Т.М.**

Да, XPS-метод.

**Амиров Р.Х.**

Спасибо.

**Председатель**

Да, пожалуйста.

**Филимонова Е.А.**

У меня два вопроса. Первый вопрос, касающийся технологии. Вы говорите, что претендуете на новую технологию. Очень важный вопрос состоит в том, какова цена вашей обработки материалов. Материалы разные. Поэтому энергетическая цена в данном случае важный вопрос.

**Васильева Т.М.**

Я думаю, что логичнее было бы сравнить разработанную технологию с существующими в связи с наиболее ее перспективным приложением в дальнейшем. Мы пришли к выводу, что наиболее перспективно получение низкомолекулярных форм хитозана и деструкция полисахаридов. Мы можем использовать получаемые при этом соединения и для фармакологии и для сельского хозяйства. Конечно, пучково-плазменные технологии будут конкурентоспособны по сравнению с традиционными (*показывает слайд презентации*) хотя бы потому, что в этом случае не нужна дальнейшая очистка. Традиционно используемый химический гидролиз – это несколько суток времени, применение высококонцентрированных растворов кислот и щелочей, высокие температуры – все это экологически небезопасно. В нашем случае мы имеем главный выигрыш – снижение затрат на очистку отходов и обеспечение экологической безопасности. Мы также сравнивали цену низкомолекулярных хитоолигосахаридов, полученных с помощью пучково-плазменного воздействия, и хитоолигосахаридов, полученных традиционным химическим гидролизом.

**Филимонова Е.А.**

Меня интересуют затраты энергии. Вы тратите электроновольты, вот как Вы их распределяете? Сколько мощности вкладывается в процесс?

**Васильева Т.М.**

Если говорить о мощности, вкладываемой в процесс, то это порядка 90-95% мощности вкладывается в плазмохимию, плазмохимические процессы. Основные потери, конечно, происходят в выводном окне.

**Филимонова Е.А.**

Второй вопрос у меня вот какой. Когда Вы обрабатываете вещество, Вы меняете его структуру. Изменяя структуру, Вы меняете спектр его биологической активности. Вы

сравнивали эти биологические активности экспериментально. Существуют аналитические методы, которые позволяют определять по структуре вещества его спектр его биологического действия. Дело в том, что изменяя структуру, вы можете изменить такое свойство как мутагенность, канцерогенность. Я знаю, что в Институте биомедицинской химии есть программа, которая позволяет определить по структуре вещества большой спектр 15-20 возможных эффектов и веществ этих несколько сот тысяч. Как Вы в вашем случае определяли возможные побочные свойства?

**Васильева Т.М.**

С такой программой я знакома. Более того, в диссертацию это не вошло, но проводилось исследование пучково-плазменного воздействия на структуру ряда аминокислот – они также были интересны с точки зрения антиагрегантов – и их активность анализировали этой или похожей программой. Да, антиагрегационная активность была подтверждена, но мутагенной активности среди всего спектра там обнаружено не было. Я думаю, что риск получения мутагенного агента пучково-плазменным воздействием очень невелик, потому что структура этих продуктов (а мы сравнивали с помощью аналитических методов химическую структуру продуктов, полученных пучково-плазменной обработкой со структурой веществ, полученных традиционными методами) полностью совпала. По сути дела мы имеем здесь знакомые, хорошо отгестированные вещества. Просто мы предлагаем новый способ их получения, более экономичный, менее энергетозатратный.

**Филимонова Е.А.**

Спасибо.

**Председатель**

Спасибо. Еще вопросы есть? Можно я задам только один вопрос, что бы нам приблизиться к специальности физика плазмы. 10-й слайд покажите, пожалуйста. Там табличка была – процессы, которые учтены в физико-химической модели взаимодействия электронно-пучковой плазмы с поверхностью модифицируемого твердого тела, и процессы, которые не учитывались. Вот левый столбец. Тут перечислены 13 процессов, их очень много, но давайте мы хотя бы одни посмотрим. Тут указан нагрев твердого тела. Как модель нагрева учитывалась – здесь я спрошу о модели, потому что экспериментально Вы рассказали. И значит, что это была за модель – одномерная, двумерная, трехмерная, какие процессы были учтены. Там же у Вас есть и электроны, достаточно энергичные. А вот если сравнить с правой колонкой – фазовые превращения не учтены, хотя модификацию поверхности Вы рассматриваете. Вот эти два вопроса, как они у Вас сопоставлены.

**Васильева Т.М.**

*(показывает слайд №10 презентации)* В данном случае речь шла о модели, в которой были рассмотрены, как плоские образцы, а также чаще всего была взята 3D-модель – это труба, которая была изготовлена из металла. В данном случае фазовый переход мог бы быть, если бы у нас был высокоэнергетический пучок, но мы бы тогда работали в химико-термической области. Но мы не выходили на такие значения энергии электронного пучка, и именно поэтому фазовые переходы учтены не были. А при исследовании нагрева использовали физические характеристики самого материала – это справочные данные и использовали уравнение теплопроводности. Кроме того, нагрев тела происходит при торможении электронов в стенке твердого тела, и именно этот процесс и был в основном компьютерно смоделирован. Мы проводили экспериментальную верификацию модели именно по температуре. А для моделирования этого процесса была использована модель непрерывного замедления электронов – она справедлива как для газов, так и для твердого тела, использовали приближение Бете.

### Председатель

Данных табличных достаточно для тех, материалов, которые Вы использовали по поводу торможения электронов в вашей области.

### Васильева Т.М.

В качестве модели мы использовали титан. Для него данные достаточно надежны.

### Председатель

Спасибо. Понятно. Еще вопросы есть? Если нет, тогда давайте мы перейдем к отзывам, которые у нас есть. Михаил Михайлович, сначала письменные.

### Васильев М.М.

На диссертацию Татьяны Михайловны Васильевой поступил отзыв от **ведущей организации - Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН)**. Отзыв на 8 листах, поэтому я его целиком зачитывать не буду. Я тезисно отмечу моменты, которые в отзыве отражены и зачитаю замечания. Отзыв положительный, отмечено, что диссертационная работа является практически значимой. Обсуждается структура диссертации, наиболее существенные результаты, которые вошли в положения на защиту соискателя. Сформулированы **ряд недостатков, замечаний**, которые я зачитаю:

1. В работе получено много важных результатов, которые, несомненно, могут использоваться для решения прикладных задач. Не понятно, почему они не защищены патентами (по крайней мере, в тексте об этом не сказано)?
2. В Главе 1 есть неточности. Например, на странице 24 ошибочно написано о том, что «генерировался отрицательный коронный разряд постоянного тока». Далее написано, что на самом деле разряд представлял собой наносекундные импульсы. На странице 31 написано, что СВЧ разряд является безэлектродным. В то же время далее описывается электродная система (MicroPlasTer).
3. Глава 3. При обсуждении спектра плазмы в воздухе не упоминается излучение первой положительной систем азота, которая явно видна в спектре (рисунок 3.5.2.), а также излучение полос второй положительной азота, переналоженных с излучением молекулярного иона? Упоминание только излучения иона азота может привести к неправильной интерпретации процессов в плазме. На рис. 3.6.2.б дано две кривые без пояснений. Это расчеты? В разделе 3.6 было бы полезным указать, как меняются температура электронов и плотность плазмы от давления? Не понятен смысл появления в тексте таблиц 3.6.1 и 3.6.2 - там приведены общеизвестные сведения для любых типов разряда. Тем более, что в главе 7 приведены реальные кинетические схемы процессов. Страница 122: о роли трехчастичной рекомбинации в молекулярных газах - в молекулярных газах обычно преобладает диссоциативная рекомбинация.
4. В Главе 4 при обсуждении запыленных газовых сред не указаны размеры пылевых частиц (только в разделе об электростатическом расталкивании указан размер частиц оксида алюминия). Не понятно, почему континуум излучения на рисунке 4.2.4.б отнесен к излучению порошка?
5. Глава 7. В тексте говорится об отсутствии УФ излучения в спектрах, влияющего на биологические объекты. В то же время известно, что резонансное излучение, например в аргоне, всегда присутствует в плазме. В таблице 7.7.1. к СВЧ разряду ошибочно отнесен разряд, иницируемый в частотном диапазоне  $3 \times 10^5 - 10^6$  Гц, тогда как СВЧ диапазон начинается с 300 МГц. Здесь же не понятно, что означает характеристика плотности плазмы: высокая, низкая, средняя? Нужно было бы указать, например, степень ионизации. То же относится к управляемости: средняя, низкая, высокая? Эффективность передачи



энергии: это от розетки? Указанное напряжение для тлеющего разряда постоянного тока, вероятно, заниженное. В кинетических схемах процессов в молекулярных газах не учтено колебательное возбуждение молекул и процессы с их участием.

Отмеченные замечания не снижают важности и достоверности полученных в диссертации результатов. Выделяются основные результаты, и обсуждается, где полученные результаты могут использоваться. Диссертационная работа Васильевой Т.М. рассмотрена 15. 09. 2016 года на научном семинаре лаборатории «Плазмохимии и физикохимии импульсных процессов» ИНХС РАН. Отзыв составлен заведующим лабораторией «Плазмохимии и физикохимии импульсных процессов», доктором физико-математических наук **Лебедевым Юрием Анатольевичем** и утвержден директором ИНХС РАН академиком Российской академии наук Хаджиевым Саламбеком Наибовичем.

Также на разосланный автореферат Татьяны Михайловны поступило **13 отзывов. Все отзывы положительные**, среди них есть отзывы с замечаниями.

**(Первый отзыв).** Поступил из **Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе**, подписан г.н.с., д.т.н., проф. **Аньшаковым Анатолием Степановичем**. Отзыв положительный, без замечаний.

**(Второй отзыв).** Второй отзыв поступил из **Федерального научно-исследовательского центра эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи**, отзыв положительный, без замечаний, подписан д.б.н. **Ермолаевой Светланой Александровной**.

**(Третий отзыв).** Третий отзыв поступил из **Государственного научного учреждения «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси»**, отзыв положительный, с замечаниями:

- отсутствует убедительная аргументация по выбору диапазона ускоряющего напряжения для электронной пушки, которая использовалась в экспериментах;
- неясно также исследовалось ли влияние возможных загрязнений плазмообразующей среды остаточными газами, абсорбированными стенками реакционной камеры и газообразными продуктами, выделяемыми образцами при пучково-плазменном воздействии;
- в автореферате используется терминология «температура плазмы», в то же время утверждается, что плазма неравновесна. Тогда о какой температуре идет речь? Отзыв подписан директором, д.ф.-м.н. **Залесским Виталием Геннадьевичем**.

**(Четвертый отзыв).** Четвертый отзыв поступил из **Ивановского государственного химико-технологического университета**, подписан г.н.с., д.х.н. **Рыбкиным Владимиром Владимировичем**. Отзыв положительный, с замечаниями:

- по тексту встречается ряд неудачных выражений. Например, “потеря устойчивости реакционного объема”, “свободный газовый объем”, “плазмохимический подход” и некоторые другие;
- используется термин “ЭПП-стимулированный гидролиз полисахаридов”. Под реакцией гидролиза понимают реакцию вещества с водой. В данном случае это, конечно, не гидролиз, а плазмохимическая окислительная деструкция;
- иногда автор противоречит сам себе. Так, в одном месте написано, что главная роль в ЭПП-модификации принадлежит радикалам •ОН и синглетному кислороду, тогда как в других – радикалам •ОН и атомарному кислороду;
- автор пишет, что в работе получены новые низкомолекулярные продукты. По-видимому, они не новые, т.к. идентифицируются химическими методами. Новым является способ их получения;

- по всему тексту автореферата автор пишет, что ЭПП является неравновесной. В тоже время в главе 7 модель строится в предположении, что ЭПП является идеальной. Хотелось бы знать, насколько такое предположение влияет на результаты моделирования;
- судя по масс-спектру (рисунок 12) исходный плазмообразующий газ содержит приличное количество газообразных продуктов деструкции. Для рисунка 12 содержание паров воды около 60%. Учитывался ли это факт при моделировании?

**(Пятый отзыв).** Пятый отзыв получен из **Института сильноточной электроники СО РАН**, подписан заместителем директора по научной работе, д.т.н. **Ковалем Николаем Николаевичем**. Отзыв положительный, с замечаниями:

- при описании пучково-плазменных реакторов в автореферате автор не приводит их характерных геометрических размеров, ограничиваясь лишь диапазоном их объемов (0,1-0,5 м<sup>3</sup>), а также зачастую не указывает ни параметров инжектируемого пучка (например, глава 4), ни основных параметров генерируемой плазмы, что крайне затрудняет анализ полученных автором экспериментальных данных и их скейлинг;
- нумерация обозначений на рисунках 4 и 15 не совпадает с нумерацией в тексте (страницы 22 и 33);
- из таблицы 1 следует, что увеличение температуры аргона с 300 до 800 К приводит к увеличению концентрации вторичных электронов и ионов примерно 20 раз. Однако при увеличении температуры гелия в примерно этом же диапазоне концентрация вторичных электронов и ионов практически не изменяется. Объяснений этому эффекту, к сожалению, не приведено (страница 20).

**(Шестой отзыв).** Шестой отзыв получен из **Московского авиационного института (национального исследовательский университета)**, отзыв подписан д.т.н., проф. **Елинсон Верой Матвеевной**. Отзыв положительный, без замечаний.

**(Седьмой отзыв).** Седьмой отзыв был получен из **«Национального исследовательского университета «МЭИ»**, отзыв подписан д.ф.-м.н., проф. **Синкевичем Олегом Арсеньевичем**. Отзыв положительный, с замечаниями:

- Из результатов, приведенных в автореферате, трудно понять, как проводился цикл исследований для верификации метода компьютерного моделирования ЭПП аэрозолей? На сколько обосновано использование тех приближений, которые заложены в численные модели?
- Как обеспечивалась устойчивость реакционного объема, представленного на рис. 8? Какие критерии надо заложить в технологическую карту управления реактором, чтобы обеспечить нужное качество получаемого материала?
- Не ясно, как структура и толщина оксидной пленки зависят от условий обработки. Можно ли получать внутреннюю волнистую поверхность трубы с длиной волны размерами 50-200 нм?
- Один из основных выводов по диссертации – вывод 2, не достаточно полно раскрывает «уникальную совокупность физических и плазмохимических процессов, реализующихся в реакторах», созданных с участием автора диссертации. Такие свойства как высокая химическая активность используемой плазмы, вклад в плазмохимические реакции нейтральных частиц плазмы были отмечены в работах Л.С. Поллака и его сотрудников еще более полувека назад;
- Трудно согласиться с тем, что для характеристики особенностей индуцированного пучково-плазменного воздействия на вещество продуктивно использование размерного «синтетического параметра  $G = q_i \tau$ , – произведение плотности потоков химически активных частиц ЭПП  $q_i$ , падающих на поверхность обрабатываемого материала, и времени контакта поверхности с плазмой  $\tau$ ». Полагаю, что можно ввести

фундаментальные безразмерные параметры, которые могут характеризовать данные процессы.

**(Восьмой отзыв).** Восьмой отзыв поступил из **Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова**, подписан в.н.с., д.ф-м.н. **Бычковым Владимиром Львовичем**. Отзыв положительный, с замечанием:

- не указаны авторы конструкций установок, представленных на рисунках 1 и 15, которые в существенной степени использует автор диссертации.

**(Девятый отзыв).** Девятый отзыв поступил из **Московского технологического университета**, подписан д.х.н., проф. **Флидом Виталием Рафаиловичем**. Отзыв положительный, с замечаниями:

- Из текста автореферата остается неясным исследовалась ли кинетика образования и разрушения, а также химическая структура свободных радикалов, нарабатывающихся в биополимерах в процессе пучково-плазменного воздействия;

- Нуждается в уточнении вопрос о возможной эмиссии газообразных продуктов из материала в процессе плазменной обработки и влиянии этой эмиссии на плазмохимические процессы и на состав конечных продуктов.

**(Десятый отзыв).** Десятый отзыв поступил из **Объединенного института высоких температур Российской академии наук**, подписан г.н.с., д.ф-м.н. **Найдисом Георгием Вениаминовичем**. Отзыв положительный, без замечаний.

**(Одиннадцатый отзыв).** Одиннадцатый отзыв поступил из **АО "Государственный Научный Центр Российской Федерации Троицкий Институт Инновационных и Термоядерных Исследований"**, подписан в.н.с., к.ф-м.н. **Дятко Николаем Аркадьевичем** и д.ф-м.н., проф. **Напартовичем Анатолием Петровичем**. Отзыв положительный, без замечаний.

**(Двенадцатый отзыв).** Двенадцатый отзыв поступил из **Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники**. Отзыв подписан н.с., к.т.н. **Юшковым Юрием Георгиевичем** и д.т.н., проф. **Оксом Ефимом Михайловичем**. Отзыв положительный, с замечаниями:

- из текста автореферата не ясен физический механизм компенсации электрического заряда вносимого пучком на поверхность биополимеров. Ведь хорошо известно, что при обработке непроводящих поверхностей и порошков, диэлектрическая поверхность заряжается до потенциала, сравнимого с потенциалом ускоряющего напряжения, что, в свою очередь, приводит к неизбежному отклонению или даже отражению пучка от диэлектрической поверхности, снижая эффективность всего процесса обработки.

**(Тринадцатый отзыв).** Тринадцатый отзыв поступил из **ОАО «Корпорация Росхимзащита»**, подписан д.т.н., проф. **Матвейкиным Валерием Григорьевичем**. Отзыв положительный, без замечаний.

### **Председатель**

Спасибо. Татьяна Михайловна, Вы слышали, замечаний достаточно много. Если есть возможность, Вы их сгруппируйте, пожалуйста. Спасибо.

### **Васильева Т.М.**

Такая возможность есть. Вопросов было, действительно, очень много, поэтому я их при подготовке ответов разбила на блоки. Первый блок вопросов – вопросы, касающиеся состава газовой среды и анализа газообразных деструкции продуктов, выделяющихся с

поверхности обрабатываемых образцов в процессе их пучково-плазменной модификации. Такие вопросы были у **Владимира Владимировича Рыбкина, Виталия Рафаиловича Флида, Виталия Геннадьевича Залесского** и его коллег из **Физико-технического института Национальной академии наук Беларуси** (*Показывает слайд с оптическими и масс-спектрами*). Этот блок первый, потому что на эту тему было задано больше всего вопросов. И в отзывах официальных оппонентов (**Коротеева Анатолия Анатольевича и Юрия Семеновича Акишева**) такие вопросы тоже были. Эти вопросы очень важные, потому что реальный состав газовой среды при пучково-плазменном воздействии очень влияет на результат плазмохимической модификации и, в конечном счете, влияет на биологические свойства продуктов, которые мы получаем. В разработанной в диссертационной работе физико-химической модели взаимодействия электронно-пучковой плазмы с поверхностью модифицируемого твердого тела этот процесс тоже указан. Мониторинг состава плазмообразующей среды проводился непрерывно в течение всего процесса обработки. Именно для этого был создан диагностический комплекс – УФ- и ИК-оптические спектрометры и масс-спектрометр. Примеры спектров, которые были получены с помощью созданного диагностического комплекса, показаны на слайде.

В результате анализа в плазме всех использовавшихся газов действительно была обнаружена примесь паров воды, что может быть связано как с дегидратацией образца в процессе плазмохимического воздействия и вакуумной дегидратацией, так быть следствием наличия примесей паров воды в вакуумной системе. Кроме того, в состав биополимеров входит кислородсодержащие группировки, которые могут сами стать источниками активных форм кислорода и инициировать радикальные реакции. Содержание связанной с образцом воды можно уменьшить с помощью предварительного его вакуумной сушки в течение нескольких часов, однако совсем избежать ее присутствия невозможно. Именно наличием примесей паров воды мы объясняем слабовыраженную деструкцию хитозана в плазме инертных газов или плазме аммиака. Конечно, наиболее интенсивная деструкция идет в кислородсодержащих средах.

Поэтому поскольку активные формы кислорода все равно присутствуют в приповерхностной зоне, основными плазмообразующими средами, используемыми в работе, были именно пары воды либо кислород. Это позволило с одной стороны избежать возможных ошибок при анализе результатов экспериментов, а с другой стороны обеспечить внедрение полярных кислородсодержащих групп на поверхность пленок.

Вопрос, связанный с диагностикой состава плазмообразующей среды, содержался и **в отзыве ведущей организации**. По этой же причине в качестве плазмообразующей среды не использовался воздух. Спектр плазмы в воздухе приведен как иллюстрация сложного многокомпонентного состава электронно-пучковой плазмы. Воздух был выбран в качестве модельной плазмообразующей среды при отработке экспериментов по спектроскопии пучковой плазмы т.к. как он является одной из наиболее изученных сред. Кроме того, отказ от использования воздуха позволил предотвратить гибель активных частиц кислорода в плазмохимических реакциях с азотсодержащими радикалами.

Что касается анализа продуктов деструкции: они должны выделяться в слой приповерхностной плазмы с поверхности обрабатываемого образца. Могут быть, например, какие-то простые углеводороды. Если мы говорим о модификации белковых соединений, вполне возможно выделение продуктов деструкции пептидных связей – аммиака. В условиях применявшейся нами оптической и масс-спектроскопии нам пока не удалось обнаружить газообразных продуктов деструкции биополимеров и газов, выделяющиеся из материала. В настоящее время мы разрабатываем постановку таких диагностических экспериментов. Однако продукты деструкции были обнаружены косвенно: например, при проведении ВЭЖХ хроматографии продуктов пучково-плазменной обработки белков был зафиксирован значительный пик аммиака, что согласно литературным данным является признаком деструкции пептидных связей.

Исследование кинетики радикалов (замечание **Виталия Рафаиловича Флида**) в образце тоже чрезвычайно важно, поскольку это вопрос еще и стабильности полученного образца при хранении. Очень часто при обсуждении результатов, полученных в плазме газовых разрядов, говорится о том, что биологические свойства многих образцов сохраняются только в течение нескольких часов, а далее идет старение образца, связанное как раз с накоплением свободных радикалов, которые образовались в образце. Мы предприняли попытки исследовать кинетику накопления свободных радикалов в обработанных образцах. Предварительные эксперименты с использованием ЭПР показали, что нарабатываются свободные радикалы, стабильные в течение, по крайней мере, 24 часов. Дальнейшее исследование кинетики и химической структуры радикалов (а они могут быть разные. Например, в белковых молекулах могут образовываться радикалы четырех видов) требует более сложных методик с использованием специальных реагентов. Нами планируется детальное и подробное исследование химической структуры, кинетики накопления и гибели свободных радикалов в образцах белков и особенно полисахаридов в зависимости от условий обработки (главным образом, длительности) и при хранении образцов.

А что касается стабильности биологических свойств полученных пучково-плазменным воздействием материалов: мы исследовали как изменяется биологическая активность образцов при хранении. Антиагрегационная активность продуктов деструкции фибрин-мономера сохранялась в течение нескольких месяцев.

Следующая группа вопросов касалась дифференцировки действия факторов, которые реализуются при пучково-плазменном воздействии на биоматериалы (это вопросы **Владимира Владимировича Рыбкина, Олега Арсеньевича Синкевича, ведущей организации**. Также похожий вопрос содержался в отзыве официального оппонента **Юрия Семеновича Акишева**). *(Показывает слайд со схемой эксперимента.)* Поскольку это действительно многофакторное воздействие: там есть и высокоэнергетические электроны пучка, и вторичные электроны плазмы, есть активные частицы плазмы, тормозное рентгеновское излучение и УФ-излучение. Конечно же, встает вопрос, что именно действует. Проводили несколько экспериментов по дифференцировке факторов пучково-плазменного воздействия. На слайде показана дифференцировка влияния тормозного рентгеновского излучения и быстрых электронов пучка. В них использовали пленки, изготовленные из хитозана, и тестовый полимер полиметилметакрилат. Была использована вольфрамовая мишень, которая облучалась сканированным электронным пучком. Часть образца была покрыта алюминиевой фольгой, т.е. подвергалась действию рентгеновского излучения, часть – УФ-прозрачной пленкой, третья часть образца была незащищена от всех видов воздействий. Вывод из проделанных экспериментов и последующего анализа гидрофильно-гидрофобных свойств, анализа молекулярных масс продуктов и т.д. был, в общем-то, однозначным – решающий вклад принадлежит активным частицам плазмы. Немаловажным является и то, что эти частицы имеют очень высокие константы скорости в реакциях с белковыми молекулами.

### **Председатель**

Татьяна Михайловна, Вы не должны обосновывать свой опыт. Хотелось бы услышать ответ на вопросы, которые были сделаны. Этого будет достаточно.

### **Васильева Т.М.**

Основной вклад – это плазмохимические процессы. Что касается УФ-излучения, вопроса, который был задан, то здесь ситуация следующая. Если УФ-излучение оказывает влияние, то только на хромофорные группировки белковых молекул. Главным образом, это ароматические аминокислоты – тирозин, триптофан, фенилаланин. И если проводить анализ содержания аминокислотных остатков, содержание именно этих аминокислот

уменьшается наиболее значительно. Это значит, что конкретно в этом случае, действительно нельзя исключить влияния УФ-излучения. Область поглощения других аминокислот лежит в диапазоне менее 270-230 нм, в то время как УФ-спектроскопия плазмы показала наличие УФ-излучения в диапазоне 300-400 нм. Таким образом, высока вероятность того, что УФ-излучение, генерируемое в процессе ЭПП-обработки биополимеров, не оказывает существенного влияния на структуру и свойства этих аминокислот. Быстрые электроны, конечно, оказывают влияние. Очень жесткое. Анализ образцов, которые были подвергнуты действию быстрых электронов, показывает полную деструкцию белковых молекул, а в случае полисахаридов наблюдается их пиролиз – сильно растет содержание углерода. Повреждающий эффект быстрых электронов мы предотвращаем, например, с помощью сканирования электронного пучка. Тем не менее, надо отметить, что в пучковой плазме все факторы действуют синергично.

Что касается третьего блока вопросов – это вопросы общетехнические вопросы, их тоже очень много (замечания **Владимира Львовича Бычкова, Олега Арсеньевича Синкевича, Виталия Геннадьевича Залесского** и его коллег из **Физико-технического института Национальной академии наук Беларуси**). *(Показывает слайд с блок-схемой пучково-плазменного реактора)*. На данном слайде показана упрощенная схема пучково-плазменного реактора, который был создан мною при выполнении диссертационной работы. Собственно говоря, это была одна из целей, одна из задач работы, и это один из главных выводов работы. Конечно, первая установка, в которой плазма генерировалась инъекцией концентрированного электронного пучка в газ, была к началу работы описана. Это основополагающая работа В.М. Иевлева и А.С. Коротева. Для выпуска пучка в ней использовалась шлюзовая система и такой принцип проводки пучка через каналы малого диаметра тоже был описан в классической работе А.Н. Трохана в 1965 году. К моменту начала работы над диссертацией похожая машина на кафедре физической механики Московского физико-технического института была, она описана в Энциклопедии низкотемпературной плазмы. Эта установка успешно решала задачи, связанные с аэрокосмическими технологиями и простейшими технологиями химико-термической обработки металлов. Такая машина, конечно же, может рассматриваться, как прототип созданного пучково-плазменного реактора. Однако оказалась, что существующая установка практически непригодна для работы с биополимерами и другими термолабильными веществами. На ней было очень трудно реализовать требуемые режимы обработки и совсем невозможно поддерживать их в течение сколько-нибудь заметного времени. В результате – никакой повторяемости, воспроизводимости и прогнозируемости результатов. Установку надо было радикально модернизировать, и она была модернизирована. В результате получился совершенно новый пучково-плазменный реактор, который был впервые нами описан в работе Т.М. Васильева, Д.В. Баяндина **Экспериментальный комплекс для исследования рабочих процессов в пучково-плазменных реакторах биомедицинского назначения // Приборы и техника эксперимента – 2010 - Т.53, N2, С.142-150.**

На многие другие общетехнические вопросы я ответила в процессе дискуссии. Если необходимо, я готова дать дополнительные объяснения.

### **Председатель**

Татьяна Михайловна, я думаю действительно достаточно. Из ответов видно, что Вы уделяли достаточно внимания вопросам, которые были затронуты в отзывах на авторефераты. Поэтому я думаю, что сейчас мы можем перейти к отзывам оппонентов. Слово предоставляется **Анатолию Анатольевичу Коротеву**.

### **Коротеев А.А.**

Большое спасибо за приглашение вступить на вашем диссертационном совете. Я хочу представить вам отзыв на диссертационную работу Васильевой Татьяны Михайловны, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы «Получение биоактивных соединений и материалов на основе процессов, стимулированных пучково-плазменным воздействием на вещество». Электронные пучки являются признанным инструментом воздействия на вещество. Их отличает объемное взаимодействие с материалами, возможность изменения траектории и фокусировки. Результаты представленного сегодня исследования расширяют диапазон использования электронных пучков в части подтверждения возможности их применения в медицине и фармакологии, а также в целом ряде смежных областей. В моем отзыве достаточно подробно описаны основные положения диссертации, а также основные результаты диссертации. В этой связи, если у членов диссертационного совета не будет возражений, я остановлюсь на наиболее важных с моей точки зрения аспектах. При этом, учитывая состав и область интересов остальных официальных оппонентов, возможно, мне целесообразно остановиться и сконцентрироваться на технической стороне работы. В то время как Юрий Семенович и Валерий Александрович, возможно, более подробно остановятся на ее физико-химических и биологических нюансах. В целом исследование ориентировано на решение практических прикладных задач в области разработки плазмохимических технологий получения биоактивных соединений для новых лекарственных препаратов и материалов медицинской техники. Основное усилие автор работы направила на обоснование реализуемости и конкурентоспособности методов пучково-плазменного воздействия на вещество, а также разработку научных основ конструирования пучково-плазменных реакторов и выявление закономерностей рабочих процессов, которые там происходят. При этом использованный в диссертации способ генерации плазмы применяется очень редко, а публикации, в которых изложены представленные подходы, до этой работы я не видел. Поэтому я думаю, что представленная работа отличается безусловной научной новизной. Соискателем проделана большая и очень трудоемкая экспериментальная работа по изучению возможностей применения электронно-пучковой плазмы для обработки материалов и выявления плазмохимических реакций. Разработан генератор пучковой плазмы мощностью до 4 кВт и энергией электронов на уровне 25-30 кэВ, обеспечивающий возможность вывода электронного пучка в область с давлением приблизительно до 100 Торр. Для транспортировки электронов из области вакуума в среду применена очень оригинальная малогабаритная система, основанная на использовании последовательных ступеней давления, соединенных каналами. Причем, если я правильно понял, пучок в ряде случаев сам прожигает канал. Адаптация малогабаритных шлюзовых систем для биомедицинских технологий является бесспорным достижением диссертанта, сумевшего преодолеть на этом пути целый ряд технических трудностей. В использованной системе транспортировки пучков с моей точки зрения заслуживает особого внимания то, что в качестве материала диафрагмы, разделяющей камеры, используются вставки из графита. Это позволяет обеспечить формирование каналов минимального равновесного диаметра, то есть каналов, которые по своим геометрическим характеристикам в наибольшей мере совпадают с профилем самого пучка. С одной стороны, использование таких каналов обеспечивает минимальный приток газа в высоковакуумную камеру, где расположена электронная пушка, а с другой стороны, подбором характеристик диафрагмы можно добиться равномерного нагрева газа, встречно распространяющегося электронному пучку. И за счет такого нагрева дополнительно обеспечить снижение расхода газа, движущегося в области между ступенями. Это дополнительное снижение расхода дает возможность использовать компактные и мобильные вакуумные системы.

Если говорить об основных результатах, полученных автором. Диссертантом отработаны адекватные методики исследования свойств продуктов, получающихся в результате

пучково-плазменной обработки материалов, структуры поверхности плазменно-модифицированных образцов, выявления и количественной оценки их биологической активности. Обоснованию методик постановки экспериментов посвящена значительная часть главы 2. Конструкция пучково-плазменного реактора, работа его отдельных подсистем и их интеграция в единую систему подробно описаны в главе 3. Четвертая глава посвящена проблеме формирования реакционного объема в пучково-плазменных реакторах при инжекции электронного пучка в реакционную зону, содержащую диспергированные порошки биополимеров. Целью исследования было обеспечение устойчивости реакционного объема, управляемости процессов пучково-плазменной обработки порошкообразных материалов, ее равномерности и однородности. Процессы получения низкомолекулярных биоактивных продуктов при деструкции биополимеров (белков и полисахаридов) в электронно-пучковой плазме детально рассмотрены в главе 5. Автором были получены низкомолекулярные пептиды и олигосахариды, обладающие антиагрегационной, антибактериальной, фунгицидной и фитостимулирующей активностью; эффективные гемостатические материалы на основе тонких пленок и губок полисахаридов; композиционные и гибридные материалы и покрытия с улучшенной биосовместимостью. В шестой главе рассмотрены процессы синтеза биоактивных покрытий и новых функциональных материалов, а также комплексов «биополимер-низкомолекулярное органическое соединение», стимулированные электронно-пучковой плазмой. Подробно описаны синтез неорганических соединений на поверхности компактных твердых тел сложной геометрии и частиц дисперсных порошков; осаждение однослойных и многослойных покрытий в различных комбинациях материалов подложки и осаждаемого вещества. Наконец, в седьмой главе работы дан анализ физико-химических механизмов пучково-плазменного воздействия на вещество. Также проведено компьютерное моделирование процессов, происходящих как в самой электронно-пучковой плазме, так и при ее взаимодействии с поверхностью компактного твердого тела или с поверхностью частиц материала, диспергированного в реакционном объеме. Я считаю, что это является несомненным достоинством работы. Все мы знаем, что в наше время каждый болт, каждая гайка достается большим трудом, поэтому экспериментальные работы выполнять сейчас очень сложно, хотя бы потому, что зачастую многое покупается на свои средства.

Вместе с тем, как и любая работа, диссертация не лишена недостатков. Среди основных **замечаний** я бы хотел отметить следующие: отсутствует описание технических решений, которые аргументируют возможность использования агрессивных газов и паров в качестве плазмообразующих сред. А как говорится в работе, широко известным фактом является то, что такие вещества способны очень быстро разрушить катод. А вот какие подходы здесь использованы, к сожалению, в работе не указано. Вторым достаточно существенным недостатком является отсутствие в работе анализа влияния возможных загрязнений плазмообразующей среды на свойства продуктов, получаемых в результате реализации того или иного технологического процесса. Если говорить проще, если электронный пучок в силу каких-то неустойчивостей или статистических отклонений «лизнет» графитовую перегородку, то часть испаренного углерода может оказать влияние на результат модификации. Такого анализа я в работе не обнаружил. Перечисленные недостатки, конечно, не влияют на общее положительное восприятие работы. Я хочу обратить внимание, что работа написана очень хорошим языком. С точки зрения русского языка я давно не видел диссертаций, где все запятые стоят там, где должны стоять, где, если есть какие-то опечатки, то это действительно опечатки, а не свидетельство невысокой грамотности человека. Я понимаю, что очень многие могут подумать, что я давно не видел хороших работ, но тем приятнее, наконец, ее увидеть. Результаты диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях достаточно высокого уровня и неоднократно обсуждались на различных научных конференциях. Автореферат



соответствует диссертации. И в заключение я позволю себе зачитать формальные моменты, которые необходимы.

Диссертация Татьяны Михайловны Васильевой является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны положения, совокупность которых можно классифицировать как научное достижение в области физики плазмы.

Диссертация Татьяны Михайловны Васильевой "Получение биоактивных соединений и материалов на основе процессов, стимулированных пучково-плазменным воздействием на вещество" соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (п. 9), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы.

### **Председатель**

Спасибо, Анатолий Анатольевич. Я думаю, все в Вашем отзыве ясно. Поэтому можно перейти к ответам на замечания. И, пожалуйста, Татьяна Михайловна, имейте в виду, что Вы на часть замечаний Вы достаточно полно ответили.

### **Васильева Т.М.**

Спасибо, Анатолий Анатольевич за отзыв и сделанные замечания. Поскольку на второе замечание по поводу загрязнений и по поводу состава газовой среды я уже говорила, то начну с ответа на первый вопрос. Проблема загрязнения и отравления катода – это проблема очень существенная. Более того, когда мы начинали работать с агрессивными химическими средами, а в работе я часто использовала аммиак, мы реально столкнулись с этой проблемой: один запуск: и катод был отравлен. Для того чтобы предотвратить отравления катода, была разработана специальная конструкция окна. *(Показывает слайд со схемой выводного устройства с гелиевой завесой)*. Для предотвращения отравления катода электронной пушки в первую камеру двухступенчатого выводного окна подается гелий под давлением чуть выше, чем давление во второй камере. В этом случае остаточным газом в высоковакуумной камере является гелий, а смесь плазмообразующего газа и гелия из второй камеры удаляется вакуумным насосом второй ступени выводного окна. В принципе, гелий можно подавать и во вторую камеру (это даже лучше с точки зрения работы выводного окна), но тогда в реакционную камеру будет попадать дополнительный газ (гелий) с неизвестным расходом.

### **Председатель**

Татьяна Михайловна, все достаточно понятно из показанного Вами слайда. Спасибо. Тут действительно приведена схема, Ваши слова, что давление гелия выше, чем давление плазмообразующего газа, объясняют отсутствие загрязнения катода. Так что спасибо большое. Мы можем перейти к следующему отзыву. **Юрий Семенович Акишев**, пожалуйста.

### **Акишев Ю.С.**

Здравствуйте, уважаемые члены диссертационного совета и все присутствующие. Разрешите мне все-таки не соревноваться с Татьяной Михайловной по пересказу ее диссертации. Она сделала это достаточно подробно и хорошо, поэтому я изложу свои общие впечатления от диссертации. Мне кажется, что научная часть ее является достойным обоснованием той новой плазменной технологии, которую она собиралась разработать. То устройство, которое она разработала, вполне может являться прототипом того реального рабочего плазмохимического устройства, которое в будущем может быть внедрено. Несколько лирических слов. В свое время академик Арцимович в шутку сказал, что низкотемпературная плазма является мелким, но очень широким морем. Имея в виду

то богатство возможностей, которое таит в себе неравновесная низкотемпературная плазма. И вот это богатство возможностей заключается в том, что самыми разнообразными способами можно менять свойства этой плазмы применительно к тому процессу, который вы хотите реализовать. И Татьяне Михайловне удалось создать новый поход к реализации плазмы с новыми свойствами, то есть имеется в виду электронный пучок средних энергий и газообразная среда – плазмообразующий газ определенного состава и давления, в котором могут быть созданы различные химически активные частицы. Помещая в эти плазменные области разные среды можно проводить те или иные плазмохимические реакции. Ее основное усилие было направлено на то, чтобы использовать эту плазмохимию в биомедицинских целях. Следует сказать, что сейчас, в последние годы, это направление – использование низкотемпературной плазмы для биомедицинских целей – есть «хоттопик», и многие лаборатории всего мира занимаются этой проблемой. Низкотемпературная плазма – очень универсальный инструмент, и с ее помощью достигают очень интересных и весомых результатов, вплоть до того, что используют плазму для того, чтобы конкурировать с традиционными методами мокрой химии, у которой есть много своих недостатков. Это, кроме высоких энергетических затрат, еще и проблема утилизации остаточных побочных продуктов. Здесь сухой процесс имеет определенные преимущества. Так вот, Татьяна Михайловна достаточно подробно отработала на ряде конкретных биомедицинских применений условия обработки, получила конкретные результаты и, что очень важно с точки зрения биомедицинских применений, это не только энергетическая эффективность, но и так называемая память, продолжительность действия эффекта. Она может быть очень короткая. Вот в ее случае были найдены такие условия и такие объекты, при которых эта память длиться очень долго, а это как раз для биомедицинской практики чрезвычайно важно. В процессе выполнения своей работы ей также пришлось провести, и это я хотел отметить, междисциплинарное исследование, которое требует вовлечения специалистов различного профиля, особенно специалистов из биологии и медицины. Я сам внес вклад в плазменную медицину и имею опыт общения с биомедиками. Это конечно очень уважаемые люди, но у них свой язык и поход. Поэтому надо иметь большое терпение, чтобы наладить с ними контакты, вникнуть в их язык. Татьяна Михайловна это сделала, что очень впечатляет. Причем это очень молодой человек, у которого впереди большое будущее, поэтому я призываю диссертационный совет проголосовать положительно за присуждение ей искомой степени. Однако, любое хорошее научное исследование не только достигает поставленных целей, но и ставит новые вопросы, которые говорят не том, что человек их с самого начала не видел, а он увидел потом, когда работу выполнял. Это нормально, когда человек отвечает на какие-то вопросы, при этом появляются новые вопросы, чтобы двигаться дальше. Я хочу зачитать **замечания к диссертационной работе**. Их несколько, но они перекликаются. Видимо это всем бросалось в глаза. Я прошу, тем не менее, терпения.

1. В предложенной автором модели воздействия электронно-пучковой плазмы на вещество, приводящего к появлению у обрабатываемых материалов новых биологических свойств, делается попытка совместно учесть наработку химически активных частиц в плазмообразующем газе с реакциями в поверхностных слоях материала. Однако, при этом не принимается во внимание наработка частиц из газов, адсорбированных материалом, и газов, выделяющихся из материалов при их облучении быстрыми электронами, например за счет деструкции полимера, сопровождающейся газовой выделением. Состав газовой среды вблизи поверхности обрабатываемого материала, по-видимому, не контролировался.

2. Остался до конца не изученным вопрос, что определяет приобретенную биологическую активность изученных в работе плазменно-модифицированных материалов: изменение структуры поверхности, или плазмохимические превращения в поверхностном слое материала.

3. В работе не рассматривается возможный вклад УФ-излучения в наблюдавшиеся эффекты пучково-плазменной модификации высокомолекулярных соединений, хотя во многих работах, относящихся к проблеме воздействия газоразрядной плазмы на такие соединения, отмечается значительная роль процессов, стимулированных УФ-излучением.

4. В диссертационной работе подробно описаны эксперименты с белковыми соединениями по сепарированию факторов, присущих пучково-плазменному воздействию на вещество, которые приводят к появлению новых биологических свойств (в данном случае – антиагрегационных свойств). Делается вывод о решающем вкладе плазмохимических процессов в интегральный эффект модификации. Однако в диссертации не упоминаются аналогичные исследования, проведенные автором с другими высокомолекулярными соединениями. Может быть, фибрин-мономер является уникальным соединением, наиболее подверженным именно плазмохимической модификации?

5. В работе неоднократно упоминается гибридная плазма как эффективный инструмент пучково-плазменного воздействия на вещество. Приводятся результаты получения функциональных гибридных материалов с помощью гибридной плазмы. Однако нигде не обсуждается ее специфика и преимущества с точки зрения получения биоактивных высокомолекулярных соединений.

Но я призываю диссертационный совет проголосовать за присуждение Татьяне Михайловне искомой степени.

#### **Председатель**

В Вашем отзыве есть ссылка на Положение о присуждении ученых степеней?

#### **Акишев Ю.С.**

Да, конечно.

#### **Председатель**

Спасибо. Татьяна Михайловна, Юрий Семенович сказал, что на замечания, которые он сделал, Вы в значительной мере уже отвечали, поэтому кратко ответьте только на те замечания, о которых Вы еще не говорили.

#### **Васильева Т.М.**

Спасибо, Юрий Семенович. На часть замечаний я уже действительно отвечала. Что касается уникальности фибрин-мономера. В каком-то смысле фибрин-мономер уникален, потому что этот белок содержит потенциал для антиагреганта, у него есть характерная последовательность аминокислот. Это с точки зрения биологического эффекта. А с другой стороны направленность действия факторов, которые реализуются в пучковой плазме, одинаково для любого материала, который мы помещаем в плазму. С этой точки зрения фибрин-мономер, конечно, не уникален. И все результаты, которые были получены при дифференцировке эффектов пучково-плазменного воздействия (*показывает слайд со схемой эксперимента по дифференцировке эффектов*), были идентичны как в случае использования других белков (например, бычьего сывороточного альбумина, лизоцима), так и для полисахаридов (например, хитозана).

Что касается вопроса структура или функция. Здесь ответ неоднозначный. Конечно, плазмохимические реакции идут преимущественно на поверхности. Это можно рассматривать как одно из преимуществ плазменных пучково-плазменных технологий. Очень часто контакт с живой тканью идет именно на поверхности, а свойства глубинных слоев материала должны остаться незатронутыми плазменным воздействием. Вероятно, что на приобретенную биологическую активность изученных в работе плазменно-модифицированных материалов влияет как изменение структуры поверхности, так и плазмохимические превращения в поверхностном слое материала, поскольку и то, и

другое влияет на смачиваемость материала и на адгезию клеток и тканей к модифицированным пленкам и губкам полисахаридов, и к модифицированным металлическим поверхностям.

### **Председатель**

Понятно. Спасибо большое. И мы может теперь перейти к третьему оппоненту. Это **Валерий Александрович Титов**. Валерий Александрович, будьте любезны. Если можно с учетом того, что мы многое уже услышали.

### **Титов В.А.**

Спасибо. Я постараюсь быть кратким, тем более что подробная характеристика работы уже прозвучала как со стороны главного участника события, так и со стороны оппонентов. Я считаю, что эта работа, безусловно, актуальна и решила три группы задач. Первая группа это – на примере широкого круга объектов с биологическими функциями показать, как эти функции можно изменить, или улучшить за счет плазмохимической обработки, применяя при этом тот способ генерации плазмы, который именно для этой цели ранее не применялся. Вторая группа задач это – как адаптировать именно этот способ генерации плазмы для решения поставленных задач; как несколько сузить круг возможных параметров, серьезно влияющих на достижение эффекта. И, наконец, третий круг задач, который решался в этой работе, - на основе экспериментальных данных, на основе анализа литературных данных, на основе, отчасти, численных расчетов высказать разумные предположения по механизмам явлений, лежащих в основе придания исходным материалам тех или иных биологических функций. Это содержание исследований является главным, и именно эти задачи были достаточно успешно решены применительно к теме диссертационной работы. Да, эта работа вполне физическая, а многие ее разделы, связанные с химическими реакциями, инициируемыми в плазме, с получением вполне конкретных прикладных и с предложением новых технических решений, оправдывают рассмотрение работы как относящейся к отрасли технических наук. И, естественно, необходимо делать **замечания**, которые должны быть конкретными, поэтому я постараюсь их сформулировать. Сразу же хочу сказать, что эти замечания никоим образом не ставят под сомнение ни само содержание, ни справедливость выводов. Иногда они, может быть, являются некоторыми придирками (оппонент имеет на это право), а иногда они являются некоторыми пожеланиями, которые ставят вопросы, которыми автор будет заниматься в дальнейшем. Итак, первое. Представляется целесообразным сравнить свойства продуктов и модифицированных материалов, получаемых с использованием электронно-пучковой плазмы, с доступными из литературы характеристиками аналогичных объектов, которые получают другими методами (не обязательно плазмохимическими). Такое сопоставление дало бы убедительные доказательства преимуществ разрабатываемых автором методов и подходов по сравнению, в частности, с мокрой химией. Второе замечание. На странице 28 автореферата указано, что "средневесовые молекулярные массы продуктов плазмохимической модификации как хитина, так и хитозана, полученные в оптимальных условиях, варьировались в пределах 570 - 815 кДа, что явно опечатка, поскольку указанные молекулярные массы слишком велики для предполагаемых олигомеров. Третье. С точки зрения потенциального промышленного использования разрабатываемых технологий немаловажными являются вопросы о производительности установок и об удельных энергозатратах при получении тех или иных продуктов. Оценки этих параметров в диссертации не приводятся. Четвертое. На странице 225 автор предлагает использовать для прогнозирования биологической активности, достигаемой пучково-плазменным воздействием параметр, численно равный произведению плотности потока активных частиц на обрабатываемую поверхность на время воздействия:  $G=qt$ . Очевидно, что такой параметр следует рассматривать лишь как первое довольно грубое приближение, поскольку скорость

целевой реакции зависит не только от потока активных частиц на обрабатываемую поверхность, но и от константы скорости гетерогенной реакции, которая может зависеть от температуры. Кроме того, для многоканальных целевых процессов (наличие которых не исключает автор диссертации) этот параметр должен учитывать все каналы, которые надо просуммировать. Пятое. В разделе 6.4 диссертации автор подробно описывает процедуры нанесения углерода и ацетилсалициловой кислоты на поверхность порошков белков или полисахаридов при совместном действии электронного пучка и плазмы ВЧ разряда, но не приводит характеристик полученных при этом продуктов. Шестое. В кинетической схеме, использованной при расчетах концентраций активных частиц в электронно-пучковой плазме кислорода, отсутствуют процессы рекомбинации атомов и дезактивации возбужденных молекул на ограничивающей плазму поверхности или гетерогенные химические реакции этих частиц со стенкой. В то же время, автор предполагает, что именно нейтральные активные частицы отвечают за окисление поверхности титана. Есть ли у автора какие-либо аргументы в подтверждение того, что процессы гетерогенной рекомбинации атомов кислорода и их химические реакции с материалом стенки не существенны в балансе атомов? Седьмое. Учитывая, что в диссертации представлено много новых и практически полезных результатов, вызывает недоумение тот факт, что среди публикаций по теме работы нет патентов. Восьмое. К сожалению, в тексте диссертации и в автореферате встречаются отдельные опечатки, неудачные словосочетания и не вполне корректное использование терминов. Например: аморфный углерод и сера на странице 244 названы неорганическими соединениями, хотя они являются простыми веществами (состоят из атомов одного сорта). Нельзя согласиться и с термином "ЭПП-стимулированный гидролиз" (странице 13 диссертации и странице 27 автореферата) для обозначения стимулированной плазмой окислительной деструкции полисахаридов. В подписи к рисунку 14 автореферата использован термин "свипирование" вместо термина "развертка" или "сканирование". Все высказанные замечания не ставят под сомнение ни значимость, ни достоверность, ни важность результатов. И в завершающей части отзыва присутствуют все необходимые формулировки, которые диссертационный совет просит от официального оппонента.

**Председатель**

Спасибо, Валерий Александрович. Татьяна Михайловна, я Вас прошу сконцентрироваться на том, что до сих пор не звучало, в частности на патентах.

**Васильева Т.М.**

Патент есть.

**Председатель**

Я видел, что в Вашей презентации проскакивал соответствующий слайд.

**Васильева Т.М.**

Патент, действительно, есть. Он получен недавно, точнее пришел недавно, и именно поэтому я не успела включить его в список публикаций в диссертации и в автореферате.

**Председатель**

Спасибо, Татьяна Михайловна. Очень хорошее завершение.

**Васильева Т.М.**

Я готова ответить на замечание о сравнении производительности установок и удельных энергозатрат пучково-плазменных установок с химическими и ферментативными технологиями.

### **Председатель**

Вы частично уже ответили на эти вопросы.

### **Васильева Т.М.**

Да я, действительно, отвечала на эти вопросы. Если говорить о синтетическом параметре  $G$ , то этот параметр может быть интегральный, может быть это очень грубое приближение, но, когда речь идет о том, чтобы вводить эти реакторы в практику, возникает проблема масштабирования процессов. И здесь этот параметр с учетом его интегрального характера энергоклада и времени оказывается очень полезным. А многоканальность реакций, конечно, надо учитывать.

### **Председатель**

Спасибо, Татьяна Михайловна. Теперь у нас есть возможность обсудить диссертацию. Кто хотел бы высказаться? Пожалуйста, Олег Федорович.

### **Петров О.Ф.**

Я знаком с диссертационной работой в течение достаточно длительного времени, поскольку я участвовал во многих конференциях, что и Татьяна Михайловна. Речь идет о конференциях по плазменной медицине. Развитие этого направления идет бурно: начиная с одиночных работ, оно превратилось в очень мощное направление, в которое вовлекаются новые и новые задачи, которые так или иначе связаны с одной стороны низкотемпературной плазмы, причем с использованием самых разнообразных генераторов плазмы, а с другой стороны – с возможными биомедицинскими приложениями. Причем область биомедицинских приложений расширяется, и нее вовлекаются различного рода расчетно-теоретические работы, в том числе работы нашего института. Георгий Вениаминович Найдис некоторое время тому назад представлял это направление на заседании Ученого совета. Таким образом, данное направление является для нашего института одним из известных. И я хочу сказать, что те работы, которые выполнила Татьяна Михайловна, заняли достойное место в плазменно-медицинской науке. Эти работы были апробированы международным плазмохимическим сообществом с активным медико-биологическим участием. Поэтому они, на мой взгляд, вполне заслуживают того, чтобы быть представленными на соискание ученой степени доктора наук и быть поддержанными. Я буду голосовать «за».

### **Председатель**

Спасибо, Олег Федорович. Кто-нибудь еще хочет высказаться? Пожалуйста, Эдуард Евгеньевич.

### **Сон. Э.Е.**

Два слова по предмету диссертационной работы. Как объект прикладных исследований неравновесная плазма, создаваемая различными источниками ионизации, возникла где-то в начале шестидесятых годов. Это было связано с тем, что Виталий Михайлович Иевлев предложил использовать ее в газофазном ядерном реакторе. Кстати, мы сейчас заканчиваем книгу, посвященную его девяностолетию. После того, как Виталий Михайлович закончил работы с газофазным ядерным реактором, (замечу, что сейчас американцы прислали нам статью, в которой они признают, что то решение, которое было принято у нас в России, было правильным, а их неправильным), возник вопрос, чем дальше заниматься. После анализа всего того, что ему предлагалось, а он работал по оборонной тематике, Виталий Михайлович занялся стелс-технологиями. Стелс-технология означает то, что когда электромагнитная волна попадает на поверхность ракеты, а вблизи ее поверхности создается слой плазмы, в котором при двойном прохождении волна поглощается, то она уже не попадет обратно в локатор. Я занимался

физикой плазмы, а Виталий Михайлович поручил мне провести расчеты. Тогда не было техники создания плазмы с помощью газовых разрядов атмосферного давления, и единственной возможностью создания плазменного облака был электронный пучок. Эту идею он реализовал в Центре Келдыша. Тогда существовала практика - фундаментальные работы направлять в университеты, и поэтому к нам на кафедру Анатолий Сазонович Коротеев передал создание экспериментальной установки. К этой работе были привлечены многие наши сотрудники. Так возникло целое направление, и дальше началось его развитие: ЦКБЭМ сделало ракету «Метеорит». Это описано в книге «Яркий след Метеорит», в связи с которой генеральный директор ЦКБЭМ сказал, что та установка, над которой наш коллектив работал несколько лет, оказалась весьма полезной. После этого, работы по неравновесной плазме пошли широким планом. Принципиальным моментом в них является то, что при действии внешнего источника ионизации, например электронного пучка, ионизация идет по одним каналам, а рекомбинация – по другим каналам. В результате плазма оказывается термодинамически неравновесной. В это время появилась замечательная книга Воробьев, Биберман и Якубов по кинетике неравновесной плазмы. Владимир Сергеевич Воробьев первым рецензировал мою работу в журнале «Теплофизика высоких температур», которая была посвящена этой тематике, т. е. эта тематика стала бурно развиваться. И когда Татьяна Михайловна пришла к нам на кафедру, из огромного количества предложений (вот сейчас, например, мы строим завод в Татарстане на основе электронно-лучевых технологий, мы проводим работы в Томске) мы выбрали для нее задачи, связанные с медико-биологическими приложениями неравновесной плазмы с учетом того, что Татьяна Михайловна имела медико-биологическое образование. Именно тогда возникла идея: давайте с помощью плазмы будем сначала просто облучать лекарства, а потом получать и их новое качество. Татьяна Михайловна, проработав два года у нас на кафедре, в 2006 году поступила в докторантуру (она в 2001 году закончила медицинский университет, в 2004 году она защитила диссертацию по медико-биологической специальности, а потом пришла к нам на кафедру) по нашей кафедре. Я был ее научным руководителем. В 2009 году работа по приложениям была уже сделана, т.е. уже тогда была готова работа, которую можно было, в принципе, выставлять как докторскую диссертацию. Но дальше возникли вопросы, если диссертацию представлять по физике плазмы, где в основном должны быть физические аспекты, то следует продолжить работу именно в этом направлении. И эти исследования Татьяна Михайловна продолжала в течение семи лет. Эти семь лет она занималась, во-первых, расширением областей медико-биологических применений плазмы, а во-вторых – изучению вопросов физики и химии плазмы. И вот после двенадцати лет работы Татьяна Михайловна представила диссертацию, которую мы сегодня слушали.

### **Председатель**

Я так понимаю, что Вы эту работу поддерживаете.

### **Сон. Э.Е.**

Конечно.

### **Председатель**

Спасибо. Я полагаю, что ситуация достаточно ясная. Тогда у нас заключительное слово соискателя.

### **Васильева Т.М.**

Спасибо. Мне хотелось бы выразить свою глубокую благодарность руководству, научным сотрудникам кафедры физической механики за полезные консультации, инженерно-техническому персоналу кафедры, без которого не возможно было бы сделать реактор и поставить на нем диагностические процедуры. Мне хотелось бы выразить благодарность

коллегам, выполнившим химические эксперименты, и коллегам, помогавшим выполнять часть биологических испытаний. Еще я хотела бы поблагодарить Николая Леонидовича Александрова за обсуждение плазмохимических моделей и Сергея Леонидовича Лысенко, который оказал неоценимую помощь в постановке вычислительных экспериментов. Огромная благодарность оппонентам и членам диссертационного Совета за внимание к работе и ценные замечания, а также всем, кто проявил к работе интерес.

**Председатель**

Спасибо. И теперь мы должны приступить к голосованию и избрать счетную комиссию. Есть предложение: Алексей Юрьевич (*Вараксин*), Алексей Георгиевич (*Храпак, председатель счетной комиссии*), Виктор Владимирович (*Голуб*). Есть возражения? Кто за? Я так понимаю, что возражений нет. (*Счетная комиссия выбирается единогласно*). Тогда мы сейчас переходим к голосованию. Прошу счетную комиссию приступить к работе, а всех членов диссертационного совета проголосовать. (*Проводится процедура тайного голосования*).

**Председатель**

Уважаемые члены Совета, прошу внимания. Сейчас важный момент – мы сейчас выслушаем результаты работы счетной комиссии. Пожалуйста, Алексей Георгиевич.

**Храпак А.Г.**

Уважаемые члены Совета! Присутствовало на заседании **22** члена Совета, в том числе, докторов наук по профилю рассматриваемой специальности – **12**. Роздано бюллетеней – **22**, осталось не роздано – **9**, оказалось в урне бюллетеней – **22**.

Результаты голосования по вопросу присуждения ученой степени доктора технических наук Васильевой Татьяне Михайловне  
**за – 22, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.**

**Председатель.**

Спасибо. (*Аплодисменты*). Утверждаем протокол счетной комиссии?

(*Протокол счетной комиссии утвержден единогласно*)

Поздравляем Татьяну Михайловну. Удачи Вам в дальнейшей научной деятельности.

**Васильева Т.М.**

Спасибо.

**Председатель.**

Теперь нам надо посмотреть проект заключения.

(*Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения*).

Если больше нет желающих обсуждать проект, тогда мы должны его проголосовать с теми замечаниями, которые были высказаны. Кто за заключение с замечаниями, которые были указаны? Кто против? Нет. Кто воздержался? Нет. Спасибо.

(*Проект заключения принят единогласно*).



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 19.10.2016 протокол № 13

О присуждении Васильевой Татьяне Михайловне, гражданке Российской Федерации ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Получение биоактивных соединений и материалов на основе процессов, стимулированных пучково-плазменным воздействием на вещество» в виде рукописи по специальности 01.04.08 - Физика плазмы, принята к защите 08.06.2016г., протокол № 8 диссертационным советом Д 002.110.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр.2, [iht.ru](http://iht.ru), (495) 485-8345), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 11.04.2012г. № 105/нк.

Соискатель Васильева Татьяна Михайловна 1978 года рождения, в 2001 году окончила медико-биологический факультет Российского Государственного медицинского университета Министерства здравоохранения РФ.

В 2004 г. защитила диссертацию «Влияние производных полиненасыщенных жирных кислот, антитромбоцитарных антител и гидролизата фибрин-мономера на агрегацию тромбоцитов» на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 14.00.25 – «Фармакология, клиническая фармакология» (Совет Д 001.024.01 при ГУ НИИ Фармакологии им. В.В. Закусова РАМН).

В 2009 году окончила докторантуру Московского физико-технического института (государственного университета) по специальности 01.04.08 – Физика плазмы

Диссертация выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский физико-технический институт (государственный университет).

Работает доцентом департамента химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

**Официальные оппоненты:**

доктор технических наук, академик РАН, Коротеев Анатолий Анатольевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», директор научно-образовательного инновационного центра «Новые космические технологии и наземные высокотехнологичные процессы»,

доктор физико-математических наук, профессор Акишев Юрий Семенович, Акционерное Общество "Государственный Научный Центр Российской Федерации Троицкий Институт Инновационных и Термоядерных Исследований" (АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ»), начальник лаборатории кинетики слабоионизированной плазмы,

доктор физико-математических наук, Титов Валерий Александрович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук, главный научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация:** Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН, г. Москва), в своем положительном заключении составленном заведующим лабораторией «Плазмохимии и физикохимии импульсных процессов», доктором физико-математических наук Лебедевым Юрием Анатольевичем (утвержденном директором академиком Российской академии наук Хаджиевым Саламбеком Наировичем), указала что:

1. Разработаны новые научно обоснованные решения и подходы к получению биоактивных соединений и материалов в электронно-пучковой плазме. Показаны перспективы и преимущества разработанного метода по сравнению с традиционными технологиями и плазмохимическими реакторами других типов.
2. Рассмотрены причины, приводящие к возникновению неустойчивости пучково-плазменного реакционного объема и методы их подавления.
3. Проведен анализ физико-химических факторов, реализующихся при пучково-плазменном воздействии на вещество, представлена физическая модель процессов, протекающих в реакционном объеме пучково-плазменного реактора, выявлены закономерности, связывающие условия плазмохимического воздействия с биологической активностью полученных соединений и материалов.
4. Методами компьютерного моделирования получены зависимости параметров процесса обработки от характеристик электронного пучка, плазмообразующего газа и геометрии образца. Проанализированные экспериментальные данные хорошо соответствуют полученным решениям. Указанные факторы свидетельствуют о достоверности представленных результатов и обоснованности сделанных выводов и заключений.
5. Впервые методами пучково-плазменного воздействия получены биоактивные низкомолекулярные соединения на основе белков и полисахаридов, эффективные гемостатические материалы, покрытия с улучшенной биосовместимостью, комплексы «биополимер-низкомолекулярное органическое лекарственное соединение», углеродные материалы, допированные атомами азота и серы.
6. Полученные результаты могут быть применены в ФГБУН «Институт радиотехники и электроники РАН», ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН», ФГБУН «Институт сильноточной электроники СО РАН», АО «Московский радиотехнический институт Российской академии наук», ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН», ФГБУН «Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», ФГУП «Научно-производственное предприятие «Исток» и др.

Соискатель имеет 26 статей в реферируемых журналах (17 из них в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций), более 20 тезисов в сборниках трудов конференций, главу в монографии.

**Основные работы:**

1. T.M. Vasilieva The modification of proteins by non-equilibrium plasma – the novel technique for the production of platelet aggregation inhibitors // J. Thromb. Haemost. – 2007. – V.5. Supplement 2. - P-W-701.
2. Т.М. Васильева, Д.Г. Чухчин Исследование влияния пучково-плазменной модификации фибрин-мономера на его биологические свойства // Химия высоких энергий – 2008. – Т.45, N5. – С. 451-455.
3. T. M. Vasilieva, A. H. Mahir, M. N. Vasiliev The Electron Beam Plasma treatment — the novel approach to the controllable modification of the proteins and polysaccharides bioactivity // Sensor Lett. – 2008. - V. 6, N 4. – P. 496–501.
4. Т.М.Васильева, Д.В. Баяндина Экспериментальный комплекс для исследования рабочих процессов в пучково-плазменных реакторах биомедицинского назначения // Приборы и техника эксперимента – 2010 - Т.53, N2, С.142-150.
5. T.M. Vasilieva A beam-plasma source for protein modification technology // IEEE Transactions on Plasma Science – 2010. - V.38, Iss. 8. – P. 1903-1907.
6. Т.М. Васильева, С.Л. Лысенко, В.А. Кукареко Плазменно-стимулированный синтез оксидов на внутренней поверхности титановых труб // Физика и химия обработки материалов – 2010. – N5. – С. 29-36.
7. Т.М. Васильева Экспериментальное исследование синтеза супрамолекулярных комплексов в гибридной пылевой плазме // Химия высоких энергий – 2011. – Т.45, N1. – С. 69-75.
8. T. Vaislieva, S. Lysenko, D. Bayandina, M. Vasiliev Electron beam transport in dusty plasma // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A – 2011. - V.645. – P. 90-95.
9. T.M.Vasilieva The supramolecular complexes production in dust-plasma structures controlled by the electron beam plasma // IEEE Transactions on Plasma Science – 2011. - V.39, Iss. 11. – P. 2742 - 2743
10. M. Rybin, A. Pereyaslavtsev, T.Vasilieva, V. Myasnikov, I. Sokolov, A. Pavlova, E. Obratsova, A. Khomich, V. Ralchenko, E. Obratsova Efficient nitrogen doping of graphene by plasma treatment // Carbon – 2016. - V.96, N1. – P. 196-202.
11. Т.М. Васильева, С.Л. Лысенко Экспериментальное исследование и компьютерное моделирование формирования устойчивого реакционного объема в электронно-пучковых плазмохимических реакторах // Теоретические основы химической технологии – 2016. – Т.50, N1. – С. 100-108.
12. Т.М. Васильева, С.А. Лопатин, В.А. Варламов Получение низкомолекулярных форм хитина и хитозана в электронно-пучковой плазме // Химия высоких энергий – 2016. – Т.50, N2. – С. 155-159.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1. **ФГБУ «Федеральный научно-исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи» Министерства здравоохранения Российской Федерации** (зав. лаб., д.б.н., Ермолаева Светлана Александровна) – отзыв положительный, без замечаний.
2. **Государственное научное учреждение «Физико-технический институт Национальной академии наук Беларуси»** (директор, д.ф.-м.н. Залесский Виталий Геннадьевич, зам. директора д.т.н. Белый Алексей Владимирович, начальник научно-исследовательского центра электронно-лучевых технологий и физики плазмы, д.т.н. Поболь Игорь Леонидович) – отзыв положительный, с замечаниями:  
- отсутствует убедительная аргументация по выбору диапазона ускоряющего напряжения для электронной пушки, которая использовалась в экспериментах;

- неясно также исследовалось ли влияние возможных загрязнений плазмообразующей среды остаточными газами, абсорбированными стенками реакционной камеры и газообразными продуктами, выделяемыми образцами при пучково-плазменном воздействии;

- в автореферате используется терминология «температура плазмы», в то же время утверждается, что плазма неравновесна. Тогда о какой температуре идет речь?

**3. ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»** (г.н.с., д.х.н. Рыбкин Владимир Владимирович) – отзыв положительный, с замечаниями:

- по тексту встречается ряд неудачных выражений. Например, “потеря устойчивости реакционного объема”, “свободный газовый объем”, “плазмохимический подход” и некоторые другие;

- используется термин “ЭПП-стимулированный гидролиз полисахаридов”. Под реакцией гидролиза понимают реакцию вещества с водой. В данном случае это, конечно, не гидролиз, а плазмохимическая окислительная деструкция;

- иногда автор противоречит сам себе. Так, в одном месте написано, что главная роль в ЭПП-модификации принадлежит радикалам •ОН и синглетному кислороду, тогда как в других – радикалам •ОН и атомарному кислороду;

- автор пишет, что в работе получены новые низкомолекулярные продукты. По-видимому, они не новые, т.к. идентифицируются химическими методами. Новым является способ их получения;

- по всему тексту автореферата автор пишет, что ЭПП является неравновесной. В то же время в главе 7 модель строится в предположении, что ЭПП является идеальной. Хотелось бы знать, насколько такое предположение влияет на результаты моделирования;

- судя по масс-спектру (рис. 12) исходный плазмообразующий газ содержит приличное количество газообразных продуктов деструкции. Для рис. 12 содержание паров воды около 60%. Учитывался ли это факт при моделировании?

**4. ФГБУН Институт сильноточной электроники СО РАН** (зам. директора по научной работе, д.т.н. Коваль Николай Николаевич) – отзыв положительный, с замечаниями:

- при описании пучково-плазменных реакторов в автореферате автор не приводит их характерных геометрических размеров, ограничиваясь лишь диапазоном их объемов (0,1-0,5 м<sup>3</sup>), а также зачастую не указывает ни параметров инжектируемого пучка (например, глава 4), ни основных параметров генерируемой плазмы, что крайне затрудняет анализ полученных автором экспериментальных данных и их скейлинг;

- нумерация обозначений на рис. 4 и рис. 15 не совпадает с нумерацией в тексте (стр. 22 и стр. 33);

- из таблицы 1 следует, что увеличение температуры аргона с 300 до 800 К приводит к увеличению концентрации вторичных электронов и ионов  $\approx 20$  раз. Однако при увеличении температуры гелия в примерно этом же диапазоне концентрация вторичных электронов и ионов практически не изменяется. Объяснений этому эффекту, к сожалению, не приведено (стр. 20).

**5. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»** (д.т.н., проф. Елинсон Вера Матвеевна) – отзыв положительный, без замечаний.

**6. ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»** (д.ф.-м.н., проф. Синкевич Олег Арсеньевич) - отзыв положительный, с замечаниями:

- Из результатов, приведенных в автореферате, трудно понять, как проводился цикл исследований для верификации метода компьютерного моделирования ЭПП аэрозолей?

На сколько обосновано использование тех приближений, которые заложены в численные модели?

- Как обеспечивалась устойчивость реакционного объема, представленного на рис. 8? Какие критерии надо заложить в технологическую карту управления реактором, чтобы обеспечить нужное качество получаемого материала?

- Не ясно, как структура и толщина оксидной пленки зависят от условий обработки. Можно ли получать внутреннюю волнистую поверхность трубы с длиной волны размерами 50-200 нм?

- Один из основных выводов по диссертации – вывод 2, не достаточно полно раскрывает «уникальную совокупность физических и плазмохимических процессов, реализующихся в реакторах», созданных с участием автора диссертации. Такие свойства как высокая химическая активность используемой плазмы, вклад в плазмохимические реакции нейтральных частиц плазмы были отмечены в работах Л.С. Поллака и его сотрудников еще более полувека назад;

- Трудно согласиться с тем, что для характеристики особенностей индуцированного пучково-плазменного воздействия на вещество продуктивно использование размерного «синтетического параметра  $G = q_i\tau$ , – произведение плотности потоков химически активных частиц ЭПП  $q_i$ , падающих на поверхность обрабатываемого материала, и времени контакта поверхности с плазмой  $\tau$ ». Полагаю, что можно ввести фундаментальные безразмерные параметры, которые могут характеризовать данные процессы.

**7. ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», физический факультет (в.н.с., д.ф-м.н. Бычков Владимир Львович) – отзыв положительный, с замечанием к оформлению автореферата:**

- не указаны авторы конструкций установок, представленных на рис. 1. и 15, которые в существенной степени использует автор диссертации.

**8. ФГБОУ ВО «Московский технологический университет» (зав. каф., д.х.н., проф. Флид Виталий Рафаилович) – отзыв положительный, с замечаниями:**

- Из текста автореферата остается неясным исследовалась ли кинетика образования и разрушения, а также химическая структура свободных радикалов, нарабатывающихся в биополимерах в процессе пучково-плазменного воздействия;

- Нуждается в уточнении вопрос о возможной эмиссии газообразных продуктов из материала в процессе плазменной обработки и влиянии этой эмиссии на плазмохимические процессы и на состав конечных продуктов.

**9. ФГБУН Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (г.н.с., д.ф-м.н. Найдис Георгий Вениаминович) – отзыв положительный, без замечаний.**

**10. АО "Государственный Научный Центр Российской Федерации Троицкий Институт Инновационных и Термоядерных Исследований" (начальник отдела, д.ф-м.н., проф. Напартович Анатолий Петрович, в.н. с., к.ф-м.н. Дятко Николай Аркадьевич) – отзыв положительный, без замечаний.**

**11. ФГБОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (Зав. каф., д.т.н., проф. Окс Ефим Михайлович, н.с., к.т.н. Юшков Юрий Георгиевич) – отзыв положительный, с замечанием:**

- из текста автореферата не ясен физический механизм компенсации электрического заряда вносимого пучком на поверхность биополимеров. Ведь хорошо известно, что при обработке непроводящих поверхностей и порошков, диэлектрическая поверхность заряжается до потенциала, сравнимого с потенциалом ускоряющего напряжения, что, в

свою очередь, приводит к неизбежному отклонению или даже отражению пучка от диэлектрической поверхности, снижая эффективность всего процесса обработки.

**12. ОАО «Корпорация Росхимзащита»** (первый зам. генерального директора, зам. генерального директора по научной работе и инновациям, д.т.н., проф. Матвейкин Валерий Григорьевич) – отзыв положительный, без замечаний.

**13. ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН»** (г.н.с., д.т.н., проф. Аньшаков Анатолий Степанович) – отзыв положительный, без замечаний.

**Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:**

- д.т.н., академик РАН Коротеев А. А. является ведущим ученым в области генерации электронно-пучковой плазмы и конструирования устройств для транспортировки концентрированных электронных пучков в среды с высоким давлением:

1. Коротеев А.А. Методы расчета закономерностей формирования отверстий в выводных каналах систем транспортировки электронных пучков // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2011. Т. 3. № 129. С. 71;

2. Коротеев А.А. Расчеты энергетических потерь и геометрии электронного пучка при выводе в плотные среды через систему дифференциальной откачки // Вестник Московского авиационного института. 2010. Т. 17. № 5. С. 13;

3. Коротеев А.А. Аналитические методы расчета выводных каналов систем транспортировки электронных пучков в плотные среды // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2010. № 1. С. 106.

- д.ф-м.н., профессор Акишев Ю. С. является признанным специалистом в области физики и химии слаботочных газовых разрядов постоянного и переменного тока при субатмосферном и атмосферном давлении, а также в области применения неравновесной плазмы для биомедицины, экологии и модификации термически нестойких поверхностей. Автор более 150 работ по этой тематике.

1. Акишев Ю.С., Каральник В.Б., Петряков А.В., Старостин А.Н., Трушкин Н.И., Филиппов А.В. Сверхвысокая зарядка пылевых частиц пучково-плазменным методом для создания малогабаритного источника нейтронов // Физика плазмы. 2016. Т. 42. № 1. С. 17.

2. Sysolyatina E., Mukhachev A., Yurova M., Ermolaeva S., Grushin M., Karalnik V., Petryakov A., Trushkin N., Akishev Y. Role of the charged particles in bacteria inactivation by plasma of positive and negative corona in ambient air // Plasma Processes and Polymers. 2014. V. 11. № 4. P. 315.

3. Акишев Ю.С., Гильман А.Б., Грушин М.Е., Драчев А.И., Каральник В.Б., Петряков А.В., Трушкин Н.И. Изменение во времени поверхностных свойств полимеров, модифицированных в плазме // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2012. Т. 55. № 4. С. 42.

- д.ф-м.н. Титов В. А. является известным специалистом в области физической химии неравновесной плазмы, плазмохимической модификации полимерных материалов и прикладной плазмохимии. Автор более 150 научных работ.

1. Хлюстова А.В., Титов В.А. Скорость образования и энергетический выход гидратированных электронов при газоразрядной обработке воды // Прикладная физика. 2015. № 6. С. 48.

2. Смирнов С.А., Титов В.А., Рыбкин В.В. Влияние внешних факторов на параметры низкотемпературной плазмы при обработке в ней полимерных материалов // Российский химический журнал. 2013. Т. LVII. № 3-4. С. 52.

3. Смирнов С.А., Титов В.А., Рыбкин В.В. Влияние гетерогенных процессов на параметры кислородсодержащей плазмы // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2012. Т. 55. № 4. С. 12.

Выбор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН, г. Москва) в качестве ведущей организации обусловлен тем, что ИНХС РАН является многопрофильной организацией, проводящей обширные исследования, в том числе в области физики и химии плазмы. Работы коллектива ученых, руководимого д.ф.-м.н. Ю.А. Лебедевым (составившем отзыв от ведущей организации) широко известны мировому научному сообществу и часто цитируются. В ИНХС РАН под руководством д.ф.-м.н. Ю.А. Лебедева проводится всероссийский семинар «Получение, исследование и применение низкотемпературной плазмы» имени Л.С. Полака, на котором неоднократно докладывались результаты диссертационной работы.

1. Lebedev Y.A., Tatarinov A.V., Titov A.Y., Epstein I.L., Krashevskaya G.V., Yusupova E.V. Effects of small additives of argon on the parameters of a non-uniform microwave discharge in hydrogen at reduced pressures // Journal of Physics D: Applied Physics. 2014. V. 47. № 33. P. 335203.

2. Шахатов В.А., Лебедев Ю.А., Lacoste A., Vechu S. Кинетика возбуждения электронных состояний молекул водорода в неравновесных разрядах. Основное электронное состояние // Теплофизика высоких температур. 2015. Т. 53. № 4. С. 601.

3. Lebedev Y.A. Microwave discharges at low pressure and peculiarities of the processes in strongly non-uniform plasma // Plasma Sources Science and Technology. 2015. V. 24. № 5. P. 053001.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

1. Найдены способы получения биоактивных соединений и материалов в электронно-пучковой и гибридной плазме в процессах, стимулированных пучково-плазменным воздействием на поверхность твердых тел, пленок, пористых материалов и на аэрозоли, содержащие твердые дисперсные частицы, в том числе - порошки биоорганических соединений.

2. Разработаны устройства (пучково-плазменные реакторы), реализующие:

- целенаправленную управляемую деструкцию сложных биоорганических полимеров – белков и полисахаридов;
- управляемую модификацию и функционализацию поверхности неорганических и биополимерных материалов, сопровождающуюся изменением их гидрофильно-гидрофобных свойств и приобретением биологической активности;
- синтез неорганических биоактивных покрытий на поверхности металлических изделий - компактных твердых тел сложной геометрии и частиц дисперсных порошков;
- осаждение однослойных и многослойных покрытий неорганической и органической природы в различных комбинациях на порошки биополимеров и материалы, изготовленные из таких порошков;
- допирование углерода в аллотропных модификациях графена и нанотрубок атомами неметаллов.

3. Получены активные агенты для фармакологии, сельского хозяйства, пищевой промышленности, эффективные гемостатические материалы, оксидные покрытия с

улучшенной биосовместимостью, комплексы «биополимер-низкомолекулярное органическое соединение», углеродные материалы, легированные атомами азота и серы.

4. Установлены закономерности, связывающие параметры пучково-плазменного воздействия с биологической активностью и структурой продуктов, получаемых в плазмохимических реакторах. Предложены плазмохимические модели, объясняющие эти закономерности.

5. Разработаны алгоритмы управления энерговыделением, обеспечивающие требуемое пространственное распределение температуры в реакционном объеме. Для разработанных плазмохимических реакторов выявлены причины, вызывающие вынос частиц конденсированной дисперсной фазы из плазменного объема, и найдены способы предотвращения этого явления.

**Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

- разработана физико-химическая модель процессов, которые протекают в материалах при пучково-плазменном воздействии;
- установлены и объяснены корреляции между параметрами связывающие параметры пучково-плазменного воздействия с физико-химическими и биологическими свойствами образующихся продуктов плазмохимических реакций.
- изучены наиболее значимые факторы, реализуемые в электронно-пучковой плазме, для получения биологически активных соединений, установлена ключевая роль плазмохимических реакций.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается** тем, что:

- создан пучково-плазменный реактор для управляемой плазмохимической модификации объемных сложных объектов, тонких пленок и порошков материалов биоорганической и неорганической природы;
- разработать методы оптимального управления процессом получения биоактивных соединений и материалов в пучково-плазменных реакторах;
- полученные низкомолекулярные биоактивные продукты деструкции биополимеров и плазменно-модифицированные материалы могут быть использованы в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, биотехнологии, медицине, фармакологии, нанобиотехнологиях;
- разработанная методика пучково-плазменной модификации может быть применена в области химической технологии и катализа, аэрокосмической технике, нефтяной промышленности;

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в ФГБУН «Институт радиотехники и электроники РАН», ФГБУН «Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН», ФГБУН «Институт сильноточной электроники СО РАН», АО «Московский радиотехнический институт Российской академии наук», ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН», ФГБУН «Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН», ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», ФГУП «Научно-производственное предприятие «Исток»,

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», ФГБОУ ВО «Московский технологический университет», ФГБУ «Федеральный научно-исследовательский центр эпидемиологии и микробиологии имени почетного академика Н.Ф. Гамалеи» Минздрава РФ, ФГБУН «Институт химии Коми



научного центра Уральского отделения Российской академии наук», ФГБУН «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности» и его производственном подразделении ООО «Биопрогресс», ОАО «Корпорация «Росхимзащита», АО «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт им. академика А.П. Крылова».

**Оценка достоверности результатов** исследования выявила:

- экспериментальные и расчетно-теоретические исследования построены на известных, проверяемых данных, фактах, общепризнанных законах технической термодинамики, физической химии и теплофизики;
- проведено компьютерное моделирование процессов, происходящих как в самой электронно-пучковой плазме, так и при ее взаимодействии с модифицируемым материалом и экспериментальная верификация предложенных физико-химических моделей. Показано совпадение результатов физических и вычислительных экспериментов;
- использованы аттестованные современные методы и приборы для исследования физико-химических свойств материалов и современные апробированные методики биологических тестов;
- результаты анализов химической структуры и биологической активности полученных соединений и материалов получены на сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследования, проведена статистическая обработка данных биологического тестирования;
- публикацией результатов в рецензируемых научных изданиях, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Личный вклад соискателя** состоит в том, что автору принадлежат идеи постановки экспериментов, предложены схемные и конструкторские решения для лабораторных образцов плазмохимических реакторов, которые могут рассматриваться как прототипы промышленных установок, предназначенных для производства биоактивных соединений и материалов различного назначения. Автором осуществлялось планирование экспериментов, разрабатывались методики их проведения, получена большая часть экспериментальных данных, выполнен их анализ и обобщение, предложены модели, объясняющие изменение биологических свойств материалов, при пучково-плазменном воздействии, проведена экспериментальная верификация моделей процессов взаимодействия электронно-пучковой плазмы различных газов с обрабатываемым материалом. Под научным руководством автора были выполнены химические и структурные анализы полученных соединений, покрытий и материалов. Автором сформулированы выводы и рекомендации по практическому использованию результатов исследования, в том числе – по применению биоактивных соединений и материалов, полученных методами пучково-плазменного воздействия на вещество.

Автор единолично опубликовал по теме диссертации 9 статей (всего опубликовано 26 статей в реферируемых журналах, 17 из них в журналах, рекомендованных ВАК для публикации результатов диссертаций), главу в монографии и 8 докладов. Основные результаты работы докладывались лично диссертантом на 24 всероссийских и международных конференциях.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 19.10.2016 г. диссертационный совет Д 002.110.02 принял решение присудить Васильевой Татьяне Михайловне ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 12 докторов наук по специальности 01.04.08 – физика плазмы и 10 докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 22, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02  
д.ф.-м.н., профессор

Андреев Н.Е.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02  
к.ф.-м.н.

Васильев М.М.

М.П.

19.10.2016 г.