



**МОСКОВСКИЙ
ПОЛИТЕХ**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»
(Московский Политех)

Б. Семеновская ул., д.38, Москва, 107023
Тел.+7 495 223 05 23, Факс +7 499 785 62 24
www.mospolytech.ru | E-mail: mospolytech@mospolytech.ru
ОКПО 04350607, ОГРН 1167746817810,
ИНН/КПП 771945553/771901001

№ _____
на _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Московского политехнического
университета

А.Ю. Наливайко
« _____ » _____ 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех)
на диссертацию

Рытикова Георгия Олеговича

«Моделирование процессов поверхностной модификации, морфологической структуры и функциональных характеристик полимерных материалов»,
представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения

Диссертация «Моделирование процессов поверхностной модификации, морфологической структуры и функциональных характеристик полимерных материалов» соискателя Рытикова Георгия Олеговича выполнена на кафедре «Технологии и управление качеством в полиграфическом и упаковочном производстве» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации Рытиков Георгий Олегович работал на должности старшего научного сотрудника в научно-техническом центре «Полиграфические и инновационные технологии» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В 2003 году Рытиков Г.О. окончил Физический факультет Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» по специальности «Физика». С 2003 по 2005 гг. работал стажёром-исследователем в оптическом отделе отделения «Оптики»

Физического института им.П.Н.Лебедева Российской академии наук. В период с 2005 по 2007 г. обучался в аспирантуре Московского государственного университета печати (МГУП) и работал ассистентом на кафедре «Физики». В период с 2007 по 2017 г. работал на кафедре «Прикладной математики и моделирования систем» в Московском государственном университете печати им. Ивана Фёдорова в должностях: старший преподаватель (2007-2010 гг.), доцент (2010-2012 гг.) и заведующий кафедрой (2012-2017 гг.). В период с 2017 по 2020 год работал доцентом (по внешнему совместительству) на кафедре «Информатики и информационных технологий» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех). С 2020 года по настоящее время работает старшим научным сотрудником научно-технического центра «Полиграфические и инновационные технологии» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по внешнему совместительству.

В 2009 году Рытиков Георгий Олегович защитил диссертацию на соискание степени кандидата физико-математических наук по теме «Неклассические корреляции многомодовых световых полей» по специальности 01.04.05 - Оптика в диссертационном совете Д501.001.45 Научно-исследовательского института ядерной физики им.Д.В.Скобельцына (НИИЯФ) при Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова (МГУ).

Учёное звание доцента по специальности «Теоретические основы информатики» было присвоено Рытикову Георгию Олеговичу приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №526/нк-2 от 1 сентября 2014 г.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор Назаров Виктор Геннадьевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, кафедра «Инновационные материалы принтмедиаиндустрии», профессор.

По итогам обсуждения на расширенном заседании кафедры «Технологии и управление качеством в полиграфическом и упаковочном производстве» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех) принято следующее заключение:

Диссертация Рытикова Георгия Олеговича «Моделирование процессов поверхностной модификации, морфологической структуры и функциональных характеристик полимерных материалов» – завершённая самостоятельная научно-квалификационная работа, целью которой является разработка теоретических положений в области моделирования морфологических характеристик, функциональных свойств и процессов формирования интегрированных тонкоплёночных покрытий на поверхностях полимерных и композиционных материалов.

Актуальность диссертации обусловлена возможностью применения разработанных способов моделирования при прототипировании разномасштабных гетерогенных поверхностных структур, обеспечивающих существенное улучшение ряда функциональных характеристик полимерных материалов, используемых в медицине, биологии и индустрии наносистем. На основе полученных фундаментальных результатов в дальнейшем будут развиваться прикладные информационные технологии поддержки интеллектуальной разработки интегрированных тонкоплёночных функциональных покрытий поверхности элементов медицинского оборудования, технологий микрофлюидики, гибкой электроники и планарной фотоники.

Личное участие Рытикова Георгия Олеговича в получении результатов, изложенных в диссертации, определяется: формулированием парадигмы, концепций, цели и задач настоящего исследования; участием в стратегическом, тактическом и оперативном планировании экспериментов, совершенствовании методов экспериментального исследования структуры и свойств полимерных материалов; разработкой теоретических моделей и вычислительных алгоритмов; анализом полученных экспериментальных результатов, в частности, осуществлением обработки цифровых изображений с использованием оригинальных алгоритмов и компьютерных программ. Автором лично была проанализирована отечественная и зарубежная литература по теме диссертации, предложены методы и техники статистической характеристики и аналитического моделирования свойств, структуры и динамики формирования поверхностно модифицированных полимерных материалов, выполнены все аналитические и статистические расчёты, построены все необходимые схемы и диаграммы, а также сформулированы результаты и выводы настоящей работы.

Степень достоверности результатов диссертации обусловлена:

- применением апробированных ранее эффективных методов поверхностной модификации полимерных материалов для изготовления экспериментальных образцов;

- использованием комплекса широко применяемых методов эмпирического изучения морфологических характеристик и функциональных свойств экспериментальных образцов;

- адаптацией универсальных математико-статистических методов определения связей между анализируемыми переменными для решения задач диссертационного исследования;

- отсутствием внутренних противоречий между компонентами разработанных моделей;

- экспертизой достигнутых результатов при рецензировании опубликованных по тематике исследования научных статей в ведущих отечественных и иностранных научных журналах;

- экспертизой отчетов о научно-исследовательской работе в рамках Государственного задания Минобрнауки России №FZRR-2020-0024 по теме «Структура и свойства полимерных материалов, полученных с применением системы методов химически, термически и/или механически индуцированной поверхностной и объемной модификации» и грантов РФФИ №16-03-00540, 18-29-05037 мк и 20-03-00191 а.

Научная новизна диссертации обусловлена тем, что при использовании известных высокоэффективных аппаратных средств анализа элементного состава, химического строения и микротекстуры поверхности (сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, высокоразрешающей оптической микроскопии и др.) в подавляющем большинстве случаев количественная оценка наличия, типа и сил связей между характеристиками структуры и свойствами полимерных материалов ранее не осуществлялась, вероятно, из-за отсутствия унифицированных подходов к интерпретации формируемых соответствующими аппаратно-программными комплексами изображений поверхности.

Рытиковым Георгием Олеговичем разработан новый подход к количественной характеристике структуры и моделированию функциональных свойств поверхности полимерных и композиционных материалов на основе компьютерного анализа соответствующих изображений. Оригинальная методология статистического структурного моделирования морфологии поверхности полимерного материала, состоящая из гистограммного и вариационно-ротационного методов идентификации характера распределения и типичных размеров структурных неоднородностей, включает технику оценки репрезентативности выборки характеризующих объекты исследования данных, технику построения бикритериально достоверных эмпирических распределений яркостей пикселей изображений поверхности экспериментальных образцов и методику формирования соответствующих вариационно-ротационных картин. Разработанная методология аналитического структурного моделирования морфологии поверхности полимерного материала состоит из томографического и топографического методов идентификации формы эффективной поверхности, включающих техники разложений в двумерный ряд Фурье цифровых образов изображений поверхности экспериментальных образцов, техники вычисления степеней планарной и контурной гетерогенностей поверхности полимерных материалов, а также методику выявления функционально-структурных связей между количественными характеристиками структуры поверхности и её функциональными свойствами.

Практическая значимость диссертации обусловлена возможностью применения достигнутых результатов для решения задач перехода к новым материалам, способам их конструирования и интеллектуализации соответствующих производственных технологий (совершенствования технологий аддитивного прототипирования, применения поверхностных структур для

управления адгезионными характеристиками, обеспечения гемосовместимости и микорезистентности полимерных материалов).

Ценность научных работ Рытикова Георгия Олеговича заключается в создании новых методов изучения и моделирования химического строения, надмолекулярной структуры и функциональных свойств поверхностно модифицированных полимеров и полимерных композитов, которые могут быть использованы в промышленности наносистем, медицине и биологии. В рамках работы над диссертационным исследованием было осуществлено моделирование наномасштабных неоднородностей поверхности и степени модификации поверхностных слоёв полимерных материалов, кинетики процессов газофазной поверхностной модификации полимерных матриц и динамики формирования соответствующих интегрированных функциональных покрытий.

Апробация основных результатов диссертации осуществлена на научных (научно-практических) конференциях и семинарах.

- 1) XXV международной конференции «Ion-Surface Interactions, ISI-2021» (Москва, 2021);
- 2) Международной конференции «International Conference Engineering Innovations and Sustainable Development ICEISD-2021» (Самара, 2021);
- 3) IV международной научно-технической конференции «Mechanical Science and Technology Update, MSTU-2020» (Омск, 2020);
- 4) XIV Всероссийской научной конференции «Технологии и материалы для экстремальных условий» (с. Агой, 2019);
- 5) VII международном семинаре «7th Seminar on Industrial Control Systems: Analysis, Modeling and Computing (ICS-2018)» (Москва, 2018);
- 6) всероссийской научной конференции «Технологии и материалы для экстремальных условий (прогнозные исследования и инновационные разработки)» (Звенигород, 2018);
- 7) XII международной конференции «14th International Baltic Conference on Atomic Layer Deposition, BALD-2016» (Санкт-Петербург, 2016);
- 8) Международной конференции «International conference on computer technologies in physical and engineering applications (ICCTPEA-2014)» (Санкт-Петербург, 2014).

Диссертация в полной мере соответствует требованиям, изложенным в пп.9-14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 20.03.2021)).

Диссертация соответствует п.8 («Усовершенствование существующих и разработка новых методов изучения строения, физико-химических свойств полимеров в конденсированном состоянии и других свойств, связанных с условиями их эксплуатации»), п.9 («Целенаправленная разработка полимерных материалов с новыми функциями и интеллектуальных структур с их применением, обладающих характеристиками, определяющими области их использования в заинтересованных отраслях науки и техники») и, в некоторой степени, п.6 («Решение теоретических задач, связанных с моделированием молекулярной и надмолекулярной структуры олигомеров, полимеров и сополимеров в растворах,

расплавах и полимерных твердых тел в аморфном, полукристаллическом и кристаллическом состояниях. Разработка модельных представлений о смесях полимеров и полимеров с функциональными ингредиентами и их применение») паспорта научной специальности 1.4.7 - Высокомолекулярные соединения и относится к отрасли наук – «физико-математические науки».

Полнота изложения материалов диссертации.

По теме и материалам диссертации опубликовано 40 печатных работ. Основные научные результаты диссертации представлены в 25 научных статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в Перечень ВАК и/или индексируемых в международных базах данных Scopus и/или Web of Science:

1. Doronin F.A., Evdokimov A.G., Rudyak Yu.V., Rytikov G.O., Taranets I.P., Nazarov V.G. A new approach to function-structure modeling of the surface modified polymers // *Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics*. 2022. Т.13. №1. P.115-127. doi.org/10.17586/2220-8054-2022-13-1-115-127 (ВАК, Scopus (Q4), WoS (Q4))

2. Doronin F.A., Rudyak Y.V., Rytikov G.O., Evdokimov A.G., Nazarov V.G. 3D-printed planar microfluidic device on oxyfluorinated PET-substrate // *Polymer Testing*. 2021. Т.99, P.107209. doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107209 (Web of Science (Q1), Scopus (Q1)).

3. Rytikov G.O., Doronin F.A., Evdokimov A.G., Rudyak Y.V., Nazarov V.G. The Effect of Morphological Surface Inhomogeneities on the Mycological Resistance of Polymer Films // *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. Т.57.№2. P.422-431 (2021). doi.org/10.1134/S2070205121020088 (ВАК, Scopus (Q2), WoS (Q2)).

4. Doronin F.A., Rudyak Yu.V., Rytikov G.O., Savel'ev M.A., Taranets I.P., Nazarov V.G. Influence of fluorination on mycological resistant of polymer materials. *Ros. Khim. Zh.* 2021. Т.65. №4. P.16-24. doi.org/10.6060/rcj.2021654.3 (ВАК, Scopus (Q3), WoS (Q3))

5. Rytikov G.O., Doronin F.A., Evdokimov A.G., Nazarov V.G., Savel'ev M.A. An approach to structural and functional modeling of the surface morphology of materials based on fluorinated polymers // *Russian Journal of General Chemistry*. 2021. Т.91. №12. P.2667-2672. doi.org/10.1134/S1070363221120409 (ВАК, Scopus (Q3), WoS (Q3))

6. Доронин Ф.А., Савельев М.А., Таранец И.П., Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О., Назаров В.Г. Вариационно-ротационная анизотропия как новый подход к количественной оценке степени морфологической гетерогенности поверхности полимерных материалов // *Российский химический журнал*. 2021. Т.65. №4. С.8-15. doi.org/10.6060/rcj.2021654.2 (ВАК)

7. Исаев Е.А., Доронин Ф.А., Евдокимов А.Г., Первухин Д.В., Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О., Корнилов В.В., Назаров В.Г. Количественная оценка развития колонии микромицетов на поверхностях полимеров и композитов на их основе // *Математическая биология и биоинформатика*. 2021. Т.16. №2. С.367-379. doi.org/10.17537/2021.16.367 (ВАК, Scopus (Q4), WoS (Q4))

8. Доронин Ф.А., Рытиков Г.О., Савицкая А.В., Назаров В.Г. Прецизионные методы контроля изготовления фторированных гибких полимерных подложек на основе полипропилена для изделий печатной микроэлектроники // *Известия*

высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2021. №2. С.8-11.

eLIBRARY ID: 47159782 (БАК)

9. Рытиков Г.О., Доронин Ф.А., Евдокимов А.Г., Савельев М.А., Назаров В.Г. Подход к структурно-функциональному моделированию морфологической структуры поверхности материалов на основе фторированных полимеров // Российский химический журнал. 2020. Т.64. №3. С.63-68.

doi.org/10.6060/rcj.2020643.7 (БАК)

10. Rudyak Yu.V., Doronin F.A., Rytikov G.O., Filyugina E.K., Nazarov V.G. Nanotexture effect of the fiber surface on the sorption capacity of nonwoven fabrics // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. 2020. Т.11. №5. Р.553-564.

doi.org/10.17586/2220-8054-2020-11-5-553-564 (БАК, Scopus (Q4), WoS (Q4))

11. Доронин Ф.А., Евдокимов А.Г., Рытиков Г.О., Каменская Л.А., Назаров В.Г. Биостойкие фторированные резиновые покрытия валов офсетных печатных машин // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2020. №2. С.17-20.

eLIBRARY ID: 43146617 (БАК)

12. Доронин Ф.А., Евдокимов А.Г., Рытиков Г.О., Савельев М.А., Назаров В.Г. Формирование газофазным оксифторированием гидрофильно-гидрофобных гетерогенных структур на поверхности полимерных пленок, используемых в упаковке // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2020. №2. С.21-26.

eLIBRARY ID: 43146618 (БАК)

13. Nazarov V.G., Doronin F.A., Evdokimov A.G., Rytikov G.O., Stolyarov V.P. Oxyfluorination-controlled variations in the wettability of polymer film surfaces // Colloid Journal. 2019. Т.81. №2. Р.146-157.

doi.org/10.1134/S1061933X1902011X (БАК, Scopus (Q3), WoS (Q3)).

14. Nazarov V.G., Stolyarov V.P., Doronin F.A., Evdokimov A.G., Rytikov G.O., Brevnov P.N., Zabolotnov A.S., Novokshonova L.A., Berlin A.A. Comparison of the effects of some modification methods on the characteristics of ultrahigh-molecular-weight polyethylene and composites on its basis // Polymer Science. Series A. 2019. Т.61. №3. Р.325-333.

doi.org/10.1134/S0965545X19030106 (БАК, Scopus (Q3), WoS (Q3)).

15. Исаев Е.А., Первухин Д.В., Корнилов В.В., Тарасов П.А., Григорьев А.А., Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О., Назаров В.Г. Количественная оценка зависимости адгезии тромбоцитов к фторированному полиэтилену от структурных характеристик его поверхности // Математическая биология и биоинформатика. 2019. Т.14. №2. С.420-429.

doi.org/10.17537/2019.14.420 (БАК, Scopus(Q4), WoS (Q4))

16. Доронин Ф.А., Столяров В.П., Евдокимов А.Г., Рытиков Г.О., Назаров В.Г. Перспективы применения поверхностного оксифторирования для улучшения качества картриджей струйного принтера // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2018. №3. С.23-29.

eLIBRARY ID: 37307997 (БАК)

17. Петрушин В.Н., Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О. Репрезентативность статистической выборки при количественном анализе изображений // Cloud of Science. 2018. Т.5. №2. С.325-340.

eLIBRARY ID: 35105227 (BAK)

18. Drozdov S.A., Nazarov V.G., Nozdrachev S.A., Rudyak Yu.V., Rytikov G.O. The polymer composites morphological structure simulation // Nanosystems: Physics, Chemistry, Mathematics. 2017. Т.8. №1. P.137-145.

doi.org/10.17586/2220-8054-2017-8-1-137-145 (BAK, Scopus (Q4), WoS (Q4))

19. Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О., Назаров В.Г. Принципы организации данных в автоматизированных системах обработки результатов научных исследований // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2017. №4. С.48-60.

eLIBRARY ID: 36293728 (BAK)

20. Рытиков Г.О., Дедов А.В., Рудяк Ю.В., Назаров В.Г. Автоматизация процесса анализа СЭМ-изображений поверхностных слоев волокнистых материалов // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2017. №5. С.15-24.

eLIBRARY ID: 36866164 (BAK)

21. Петрушин В.Н., Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О., Назаров В.Г. Построение бикритериально достоверных эмпирических распределений яркостей пикселей при количественном анализе СЭМ-изображений // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2017. №5. С.3-14.

eLIBRARY ID: 36866163 (BAK)

22. Доронин Ф.А., Столяров В.П., Евдокимов А.Г., Рытиков Г.О., Назаров В.Г. Влияние поверхностного оксифторирования на свойства полимерных пленок // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2016. №4. С.3-13.

eLIBRARY ID: 28377493 (BAK)

23. Копачев Е.С., Ноздрачев С.А., Петрушин В.Н., Рудяк Ю.В., Рытиков Г.О., Назаров В.Г. Комплексный метод характеристики изображений поверхностей полимерных композитных материалов // Физическая мезомеханика. 2015. Т.18. №6. С.98-110.

eLIBRARY ID: 25063240 (BAK)

24. Петрушин В.Н., Рытиков Г.О. Формализация временного ряда методом двойного сглаживания // Cloud of Science. 2014. Т.1. №2. С.230-238.

eLIBRARY ID: 22089439 (BAK)

25. Петрушин В.Н., Рытиков Г.О. Адаптивно-вероятностная модель прогнозирования временных рядов // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2013. №5. С.125-140.

eLIBRARY ID: 21064101 (BAK)

Диссертация Рытикова Георгия Олеговича по теме «Моделирование процессов поверхностной модификации, морфологической структуры и функциональных характеристик полимерных материалов» к защите на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.4.7 – Высокомолекулярные соединения **рекомендуется**.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Технологии и управление качеством в полиграфическом и упаковочном производстве» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех).

Присутствовали на заседании 23 чел., из них 8 докторов наук (Бобров В.И., Винокур А.И., Дедов А.В. Кондратов А.П., Куликов Г.Б., Назаров В.Г., Рудяк Ю.В., Сафонов А.В.), 12 кандидатов наук (Беззатеева Э.Г., Будникова О.А., Ворожцов А.Л., Горшкова Л.О., Доронин Ф.А., Кублашвили О.В. Митрякова О.Л., Нагорнова И.В., Позняк Е.С., Савельев М.А. Суслов М.В., Черная И.В.).

В соответствии с п. 2.12 инструкции о порядке подготовки заключения организации по диссертации и выдаче его соискателю ученой степени в Московском Политехе (приказ 593-ОД от 07.07.2017) в открытом голосовании принимали участие доктора и кандидаты наук, присутствовавшие на расширенном заседании кафедры «Технологии и управление качеством в полиграфическом и упаковочном производстве» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех).

Результаты голосования: «за» - 19 чел., «против» - 1 чел., «воздержались» - 0 чел., протокол №1 от «15» сентября 2022 г.



Ф.А. Доронин,
к.т.н., заведующий кафедрой «Технологии
и управление качеством в полиграфическом
и упаковочном производстве»,
Московского политехнического университета
Б. Семеновская ул., д.38, Москва, 107023
e-mail: f.a.doronin@mospolytech.ru
тел.: 8 (495) 223-05-23

ПОДПИСЬ Доронина Ф.А. заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО
КАДРОВУМУ
ДЕЛОПРОИЗВОДСТВУ
БИРЮКОВА И.

