

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.108.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ЦЕНТРА ПРОБЛЕМ ХИМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ И МЕДИЦИНСКОЙ
ХИМИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «26» апреля 2023 г. протокол № 2

О присуждении Фролову Ивану Александровичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Пострадиационная лазерная абляция гамма – облученных термопластов» по специальности 1.4.4. – Физическая химия принята к защите 30 ноября 2022 года (протокол заседания № 13) диссертационным советом 24.1.108.01, созданным на базе Федерального исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук (ФИЦ ПХФ и МХ РАН), подведомственного Министерству науки и высшего образования: 142432, Московская область, г. Черноголовка, пр. академика Семенова, д. 1 (адрес сайта <http://www.icp.ac.ru>), диссертационный совет утверждён приказом Минобрнауки РФ о создании от 11.04.2012 г. № 105/нк.

Соискатель Фролов Иван Александрович, 1993 года рождения, в 2017 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технологический университет» (г. Москва) по специальности – Химическая технология. В 2021 году окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки. В настоящее время работает младшим научным сотрудником в Федеральном исследовательском центре проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории криохимии и радиационной химии отдела Строения вещества в Федеральном исследовательском центре проблем

химической физики и медицинской химии Российской академии наук.

Научный руководитель – Аллаяров Садулла Реймович, доктор химических наук, Федеральный исследовательский центр проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук, отдел Строения вещества, ведущий научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

1. Маньшина Алина Анвяровна, доктор химических наук, институт химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра лазерной химии и лазерного материаловедения, профессор;
 2. Зезин Алексей Александрович, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук, лаборатория радиационного модифицирования, заведующий лабораторией;
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина (ИФХЭ РАН), Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Пономаревым Александром Владимировичем, доктором химических наук, главным научным сотрудником, и Ершовым Борисом Григорьевичем, член-корреспондентом Российской академии наук, председателем Секции Ученого Совета ИФХЭ РАН, указала, что диссертационная работа Ивана Александровича Фролова «Пострадиационная лазерная абляция гамма – облученных термопластов» выполнена на высоком научном и методическом уровне, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится ясное и аргументированное решение комплексной фундаментальной задачи по управляемому модифицированию свойств полимеров при сочетании радиолиза и ИК-лазерной абляции. Материалы диссертации представляют несомненный научный и практический интерес и могут быть использованы в организациях, занимающихся проблемами химии высоких энергий (Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Институт проблем химической физики РАН,

Институт синтетических полимерных материалов им. И.С. Ениколопова РАН, Институт электрофизики УрО РАН и другие). Диссертация по своей актуальности, достоверности выводов, научной новизне, практической значимости и уровню апробации соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, и другим требованием ВАК. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.4.4 – «Физическая химия» (по химическим наукам), а также критериям, предъявляемым к оформлению диссертационных работ. Таким образом, без сомнения, Фролов Иван Александрович заслуживает присуждения ему искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 – физическая химия».

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 статей общим объемом 65 страниц, в российских и зарубежных журналах, входящих в перечень ВАК и индексируемых в Web of Science и Scopus, 3 в сборниках статей по материалам международных конференций и 3 тезиса докладов на международных конференциях. Все работы процитированы в тексте диссертации, недостоверные сведения об опубликованных работах отсутствуют.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. **Фролов И.А.**, Аллаяров С.Р., Калинин Л.А., Богданова Ю.Г., Толстопятов Е.М., Гракович П.Н., Иванов Л.Ф., Дремова Н.Н., Голодков О.Н. Особенности ИК - лазерной абляции гамма – облученного полиамида -6 // Химия высоких энергий.- 2019.- Т. 53.- №6.- С. 464-470.
2. Allayarov S.R., **Frolov I.A.**, Demidov S.V., Tolstopyatov E.M., Ivanov L.F., Gracovich P.N., Dixon D.A., Vasiliiu M. Raman spectroscopy investigation of Polytetrafluoroethylene in Different Zones of Impact of Continuous CO₂ Laser Radiation // Journal of Russian Laser Research. - 2019.- Vol. 40.- № 6. - P. 571-580
3. Allayarov S.R., **Frolov I.A.**, Golodkov O.N., Kalinin L.A., Tolstopyatov E.M., Ivanov L.F., Gracovich P.N., Dixon D.A. Comparative Investigation by Infrared Spectroscopy of the Conformational Metamorphosis of Polyvinylidene Fluoride under

the action of an Infrared Laser and of γ -Irradiation // Journal of Russian Laser Research. -2019.- Vol. 40.- № 4. С. 356-363.

4. Allayarov S.R., Rudneva T.N., **Frolov I.A.**, Golodkov O.N., Confer M.P., Dixon D.A., Kalinin L.A., Tolstopyatov E.M., Ivanov L.F., Grakovich P.N. Effect of Initial γ -Irradiation on Infrared Laser Ablation of Poly(vinyl Alcohol) Studied by Infrared Spectroscopy // Polymer Degradation and Stability.- 2020.- Vol. 181.- P.109331.
5. **Фролов И.А.**, Аллаяров С.Р., Толстопятов Е.М., Уткин А.В., Гракович П.Н., Иванов Л.Ф., Макаренко В.М. Исследование импульса отдачи газообразных продуктов ИК-лазерной абляции политетрафторэтилена // Химия высоких энергий. -2022.- Т. 56.- №1.- С. 64-69.

В вышеперечисленных работах представлены экспериментальные результаты пионерских исследований процесса лазерной абляции предварительно обработанных γ -излучением крупнотоннажных промышленных термопластов с различной химической структурой и ряда композитов. В работах описана динамика пострадиационной абляции с использованием непрерывного лазерного ИК-излучения с интенсивностью 0.5-1.0 МВт/м², а также свойства поверхностных слоёв мишеней и продуктов, осаждённых из абляционных потоков мишеней; предложена интерпретация возможных физико-химических процессов и реакций в зоне воздействия лазерного луча, в том числе импульса отдачи абляционной струи для разных полимеров в зависимости от времени лазерного облучения.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

На диссертацию и автореферат поступило 4 отзыва, все положительные.

В отзыве заслуженного деятеля науки РТ, профессора, заведующего кафедрой физической и коллоидной химии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», д.х.н. Геляметдинова Ю.Г. замечаний нет.

В отзыве профессора кафедры физики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», д.х.н. Старостиной И.А. три замечания: «1. Не раскрыта методика определения удельной свободной поверхностной энергии. 2. В главе 4 автореферата автор достаточно подробно описывает ИК – спектры полиамида, а сами спектры в виде рисунков, к сожалению, отсутствуют. 3. На стр.16 при описании двух этапов

дегидрофторирования ПВДФ, каждый этап иллюстрируется одной и той же реакцией».

В отзыве заведующего лабораторией химии высоких энергий ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», д.х.н., профессора Фельдмана В.И. имеется замечание о необходимости обсуждения процессов окисления, которые могут эффективно протекать при облучении на воздухе.

В отзыве профессора кафедры Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» д.х.н. Кудашева С.В. присутствует вопрос о возможности применения комбинированного воздействия лазерного и ионизирующего излучений для регулируемой поверхностной модификации крупнотоннажных карбо- и гетероцепных полимеров; об отсутствии оценки структуры применяемых в работе полимеров до и после воздействия лазерного и ионизирующего излучений; и необходимости сравнения методов воздействия на рассматриваемые термопласты, используемых в работе и известных в литературе.

Диссертационный совет решил, что на все поступившие замечания Фролов И.А. дал полные ответы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их квалификацией в области радиационной и лазерной химии полимеров, исследования физико-химических свойств продуктов радиолиза и лазерной абляции полимеров, а также применения полученных результатов в лазеро – индуцированных процессах. Оппонент д.х.н. профессор Машкина А.А. является высококвалифицированным специалистом в области лазерной химии и лазерного материаловедения. Оппонент д.х.н. Зезин А.А. является высококвалифицированным специалистом в области радиационного модифицирования синтетических полимеров и полимерных наноматериалов.

Выбор ИФХЭ РАН в качестве ведущей организации обоснован его значительными достижениями в области физической химии, радиохимии и радиационной химии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- впервые установлены зависимости динамики абляции непрерывным ИК лазерным излучением с интенсивностью 0.5-1.0 МВт/м² промышленных термопластов от дозы предварительного γ -облучения и от их химического строения;
- предложена интерпретация возможных физико-химических процессов и реакций в зоне воздействия лазерного луча, а также описаны свойства поверхностных слоев обработанных мишеней и продуктов, осажденных из абляционных потоков мишеней;
- обнаружен структурный переход макромолекулы поливинилиденфторида из β - в α -конформер с потерей пьезоэлектрических и пироэлектрических свойств на преабляционной стадии ИК-лазерного облучения, в то время как облучение поливинилиденфторида γ -лучами дозой до 100 кГр практически не влияет на состав конформеров;
- разработан метод графоаналитической обработки экспериментальной зависимости комплексного динамического параметра «убыль массы мишени - импульс отдачи абляционного потока» от времени лазерного облучения и определены параметры импульса отдачи абляционной струи на мишень для политетрафторэтилена, полистирола и дисперсии УНТ в полистироле.

Практическая и теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- инициировано новое технологическое направление – получение продуктов с заданными свойствами с использованием комбинированного воздействия непрерывного ИК-лазерного и ионизирующего излучений на полимеры, логически дополняющее уже апробированные лазерные технологии;
- полученные эмпирические зависимости влияния дозы ИК лазерного и гамма – облучения на изученные полимеры могут быть использованы для совершенствования способов их переработки, в том числе отслуживших свой первоначальный срок в условиях радиации и света;
- экспериментально установлена природа структурообразования и возникновения зон с различной степенью модифицирования на поверхности политетрафторэтилена (ПТФЭ), обработанного ИК-лазерным излучением, что

является чрезвычайно важным для совершенствования лазерной технологии получения нетканого материала на основе фторопласта.

-еще одним аспектом возможного применения полученных результатов является использование термопластов в качестве рабочего тела лазерных ракетных двигателей малой тяги космических аппаратов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- экспериментальные результаты работы получены с применением широкого спектра комплементарных физико-химических методов анализа с использованием сертифицированного аналитического оборудования высокого уровня;
- воспроизводимость полученных количественных данных по динамике абляции непрерывным ИК лазерным излучением, составу и химическому строению образованных продуктов и модифицированных мишеней, а также выходу продуктов, подтверждена путем многократного повторения экспериментов;
- качественное и количественное сравнение полученных данных с результатами исследований других авторов по тематике работы показало отсутствие противоречий;
- выводы, сформулированные в диссертации, основаны на обобщении и тщательном анализе полученных данных.

Личный вклад соискателя в диссертационную работу заключается в проведении анализа литературных данных; в разработке графоаналитического метода определения импульса отдачи газообразных продуктов абляции и радиационного способа получения дисперсии углеродных нанотрубок в полистироле. Соискатель принимал активное участие в радиационной обработке термопластов, исследованиях физико-химических свойств продуктов лазерной абляции. Постановка задач, проведение экспериментов, интерпретация экспериментальных данных, формулировка выводов и написание статей осуществлялись совместно с научным руководителем.

Результаты диссертации получены лично автором или при его непосредственном участии.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания о представлении и интерпретации полученных данных. На все замечания соискатель дал исчерпывающие аргументированные ответы.

На заседании 26 апреля 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Фролову Ивану Александровичу ученую степень кандидата химических наук за разработку и изучение нового подхода к модификации свойств полимерных материалов путем комбинированного воздействия лазерного и ионизирующего излучений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.4.4. – Физическая химия, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 17, против присуждения ученой степени - нет, недействительных бюллетеней – нет.

26.04.2023

Председатель диссертационного совета

д.х.н.

Ученый секретарь диссертационного совета

д.х.н.

