

ОТЗЫВ

НА ДИССЕРТАЦИЮ В ВИДЕ НАУЧНОГО ДОКЛАДА «НОВЫЙ КОМПЛЕКС МЕТОДОВ IN SITU ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ» ИВАНОВА ДМИТРИЯ АНАТОЛЬЕВИЧА, ПРЕДСТАВЛЕННУЮ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ХИМИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1.4.4 - ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ.

Исследование надмолекулярных и супрамолекулярных комплексов с конца прошлого века находится на острие научного прогресса физико-химических исследований полимеров и биополимеров. Со времен классических работ Лауреата Нобелевской премии Жан-Мари Лэна исследователи прошли существенный путь в понимании структурных основ надмолекулярных комплексов и их динамики. Существенный вклад в развитие области внесли методы дифракции и применение синхротронного излучения, а также целый комплекс исследований по анализу фазовых переходов и методов исследования динамики полимеров. В настоящее время появилась реальная возможность сочетания синхротронных рентгеноструктурных экспериментов с одновременным приложением механических, температурных, магнитных и электрических полей. Этот факт позволяет эффективно изучать поведение материалов под действием различных внешних факторов. Успехи в данной области позволили существенно продвинуть наши знания в области материаловедения, но, что особенно важно, применить эти знания и в области биополимеров, в первую очередь белков. В обсуждаемом экспериментальном комплексе важны, как термодинамические, так и кинетические параметры, что требует от исследователей развития современных подходов, позволяющих осуществлять измерения малых изменений в короткие промежутки времени. Термодинамические параметры полимерных кристаллов и их связь с микроструктурой является одним из важнейших разделов физической химии полимеров, имеющим как фундаментальное, так и прикладное значение. Во многом эти знания определяют новые направления современного материаловедения. Особый интерес представляет разработка сверхбыстрых калориметров, или нанокалориметров, позволяющих проводить количественные термоаналитические эксперименты в ходе контролируемых нагревов и охлаждений со сверхбыстрыми скоростями порядка нескольких тысяч градусов в секунду. В связи с высокой скоростью термоаналитических экспериментов на чип-калориметрах, комбинированные *in situ* измерения с использованием рентгеноструктурного анализа возможны только на синхротронных источниках, которые могли

бы обеспечить необходимое временное разрешение на миллисекундной шкале. Несмотря на значительные успехи данной области, далеко не все проблемы можно считать решенными.

Дмитрий Анатольевич Иванов в своей работе сосредоточился как на теоретических аспектах обсуждаемой области, так и попытался внести свой вклад в аппаратное оформление экспериментов. Отличительной чертой, проведенных им экспериментов является «микрочиповый подход», позволяющий осуществить комбинаторный анализ, перебрать достаточно много вариантов и впоследствии с потенциальным применением машинного обучения создать реально быстродействующий аппаратный комплекс. Необходимо признать, что микрочипы активно используются в материаловедении с 80ых годов прошлого столетия и особенно значительный их успех был реализован при анализе структуры биополимеров, ДНК и белков. Отечественные разработки, осуществленные коллективом под руководством академика Мирзабекова внесли существенный вклад как в теоретические основы области, так и обеспечили прорыв в познании структурных особенностей биополимеров. Д.А. Иванову удалось существенно развить подходы предшественников и добиться существенных прорывных результатов.

Автором создан комплекс методов, сочетающих синхротронное рентгеновское рассеяние с термическим анализом на чипе, а также с возможностью *in situ* воздействия на образец внешних факторов, таких как температура, влажность, присутствие паров растворителя и механическая нагрузка. Это позволило изучить механизмы фазовых переходов в частично кристаллических полимерах, жидкокристаллических системах на основе клинообразных мезогенов. Эти работы имеют биомедицинскую направленность, т.к. позволяют исследовать комплексы сополимеров, включая биополимеры. Автором создан нанотермоанализатор, позволяющий проводить калориметрические исследования образцов весом от 1 до 100 нг на высоких скоростях нагрева и охлаждения (до 10 000 С/с). Данный параметр удовлетворяет многим современным характеристикам и по всей видимости может быть полезен также для исследования биополимеров медицинского назначения.

Созданная автором установка для *in situ* термоаналитических экспериментов на высоких скоростях нагрева применена для изучения феномена множественного плавления для модельного частично кристаллического полимера, политриметилентерефталата. Автору удалось установить, что сочетание термического анализа на высоких скоростях нагрева и рентгеновского рассеяния позволяет идентифицировать термические переходы, связанные с реорганизацией структуры полимера в ходе нагревов. Автор существенно развил область биомиметиков, используя принципы природоподобных технологий. Использование

одноосной механической деформации, совмещенной с одновременным малоугловым рентгеновским рассеянием, позволило изучить механизмы деформационного поведения для серии биомиметических сополимеров, имеющих в своей химической структуре щеточный блок.

Д.А. Иванов является крупным ученым в области физической химии полимеров и биополимеров, в частности. Им существенно продвинуто новое динамическое направление исследований полимеров, позволяющее уже сейчас проводить разработки полимеров de novo. Уверен, что находки автора найдут применение и в области биоматериалов. Д.А. Ивановым опубликовано более 50 высококлассных статей по теме данного исследования, что дает право безоговорочно рассматривать представленную работу в качестве докторской по искомой специальности. Представленные статьи прошли рецензирование в международных редакциях, что обосновывает вывод о широком публичном обсуждении данного исследования.

По объему выполненных исследований, своей актуальности, научной новизне и практической значимости диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (с изменениями от 21 апреля 2016 г. №335) и пп. 2.1-2.5 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии Наук» от 29 марта 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук. Автор диссертации, Иванов Дмитрий Анатольевич, заслуживает присуждения степени доктора наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Директор ГНЦ Институт биоорганической химии

имени академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова РАН

Академик, доктор химических наук, профессор

А.Г. Габиров

Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки
Государственный Научный Центр
Российской Федерации
Институт Биоорганической химии
им. академиков М.М. Шемякина
и Ю.А. Овчинникова РАН
117997, Москва, ГСП-7,
ул. Мчкучхо-Маклае, д. 16/10
Тел. +7(495) 330-56-38
эл. почта: gabirou@mх.ibch.ru
28.08.2024

