

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Борисова Артема Константиновича «Термодинамика и кинетика размытых фазовых переходов в длинноцепочечных молекулярных кристаллах и полимерах», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа А.К. Борисова посвящена **актуальной проблеме** выяснения природы и эволюции фазовых переходов в твердых n-алканах (гомологах полиэтилена), поскольку эти переходы реализуются практически во всех технологических процессах получения и переработки обычного линейного и сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ).

Основной задачей диссертационной работы А.К. Борисова являлось выявление специфики термодинамических свойств, особенностей температурных фазовых переходов и кинетики полиморфных превращений в монодисперсных длинноцепочечных молекулярных кристаллах (ДМК) и ПЭ.

При выполнении диссертационной работы основным методом исследования была выбрана дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК). Отличительной особенностью исследований методом ДСК являлось то, что для каждого образца записывалась серия термограмм при широкой вариации скоростей нагрева, что позволило получить истинные значения термодинамических параметров. Применение же теории размытых фазовых переходов Г.А. Малыгина позволило определять размеры устойчивых зародышей новой фазы, возникающей при гетерогенном фазовом переходе.

С поставленной в работе целью и задачами автор успешно справляется. В результате систематических исследований автор получил экспериментальные данные отличающиеся **научной новизной**. Он показывает, что твердофазный переход в n-алканах является структурным фазовым переходом первого рода, сопровождается изменением симметрии кристаллической упаковки молекул и развивается по гетерогенному механизму путем образования нанометровых зародышей новой фазы в объеме предшествующей. В гомологическом ряду n-алканов установлен эффект четности, заключающийся в различном поведении нескольких параметров, таких как температуры фазовых переходов, величины температурного гистерезиса и особенности молекулярной упаковки. Установлен многоступенчатый процесс развития твердофазных превращений в нечетных алканах гениекозане ( $C_{21}H_{44}$ ) и трикозане ( $C_{23}H_{48}$ ). **Впервые** выявлено наличие в гениекозане орторомбической, моноклинной и ротационной моноклинной фаз, а в трикозане промежуточной моноклинной фазы, что не удается зарегистрировать структурными методами. Для четных n-алканов триконтане ( $C_{30}H_{62}$ ), дотриаконтане

(C<sub>32</sub>H<sub>66</sub>) и гексатриаконтане (C<sub>36</sub>H<sub>74</sub>) впервые установлено, что переход из низкотемпературной моноклинной в ротационную триклинную фазу осуществляется через две промежуточные – орторомбическую и высокотемпературную моноклинную. Показано, что путем введения дополнительных центров кристаллизации (нанопорошки серебра и алюминия) можно многократно увеличить коэффициент теплопроводности n-алканов, что может найти **практическое применение** в качестве материалов с изменяющейся фазой. Установлено гетерогенное развитие твердофазного перехода из нестабильной моноклинной фазы в термодинамически устойчивую орторомбическую фазу в СВМПЭ. В исходном реакторном порошке СВМПЭ может существовать до 20% моноклинной фазы и предполагается, что моноклинная фаза представляет наномостики соединяющие от 2-х до 4-х ламелей из орторомбической фазы.

Помимо высокой значимости проведенных фундаментальных исследований, они представляют интерес и с практической точки зрения. **Практическая ценность** полученных результатов заключается в том, что n-алканы представляют собой перспективные материалы с изменяющейся фазой (Phase Change Materials – PCM), разработка которых направлена на решение проблем перехода к «зеленой» и ресурсосберегающей энергетике. Кроме того, поскольку n-алканы являются гомологами и модельными объектами для ПЭ и СВМПЭ, то полученные данные позволят целенаправленно регулировать свойства как n-алканов, так и СВМПЭ в зависимости от способа их температурной обработки и природы используемых нанонаполнителей, и, безусловно, обуславливают **теоретическую и практическую значимость** проведенных исследований.

**Обоснованность и достоверность** полученных данных и выводов на их основе подтверждается хорошей воспроизводимостью результатов, а также их согласованностью с литературными данными.

Важно также отметить, что результаты работы опубликованы в 14 престижных научных журналах и апробированы на 13 отечественных и зарубежных конференциях.

В качестве замечания, носящего скорее рекомендательный характер, следует отметить следующие: поскольку в работе исследуются не только термодинамические свойства образцов, но и их структурные характеристики, то желательно в дальнейшем подключить к исследованию такие прямые методы, как рентгеноструктурный анализ и ИК спектроскопия.

Однако сделанное замечание ни в коей мере не снижают ценности данной работы, выполненной на высочайшем научном уровне.

Из текста автореферата можно сделать вывод, что диссертация «Термодинамика и кинетика размытых фазовых переходов в длинноцепочечных

молекулярных кристаллах и полимерах» А.К. Борисова является научно-квалификационной работой и представляет собой законченное научное исследование.

Считаю, что диссертационная работа А.К. Борисова "Термодинамика и кинетика размытых фазовых переходов в длинноцепочечных молекулярных кристаллах и полимерах" отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 "Физика конденсированного состояния" согласно Положению о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Физико-техническом институте им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук, а ее автор А.К. Борисов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Зав. кафедрой физической химии  
ФГБОУ ВО "Тверской государственный университет",  
доктор химических наук по специальности  
02.00.06. Высокмолекулярные соединения,  
профессор,  
Заслуженный работник высшей школы РФ  
E-mail: [pavel.pakhomov@mail.ru](mailto:pavel.pakhomov@mail.ru)  
Моб. тел. 8-910-537-67-18

 Пахомов Павел Михайлович

ФГБОУ ВО "Тверской государственный университет", 170100, г. Тверь, ул.  
Желябова, 33  
Тел. +7 (4822) 34-24-52  
<http://university.tversu.ru/>, e-mail: [rector@tversu.ru](mailto:rector@tversu.ru)

12 мая 2026 г.

Подпись заведующего кафедрой, д-ра хим. наук, проф. Пахомова П.М. заверяю:

