

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук, профессора ДЗЮБЫ Сергея Андреевича на

диссертацию ПОПОВОЙ Валерии Андреевны

«ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКЛУЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ

РЭЛЕЕВСКОГО РАССЕЙЯНИЯ СВЕТА»,

представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.05 – оптика

Выяснение особенностей структуры стеклющихся жидкостей и динамики молекул в них является предметом активного изучения во многих научных лабораториях в течение уже длительного времени. Интерес к этим проблемам обусловлен как наличием здесь ряда непонятых пока фундаментальных закономерностей, так и с практической значимостью веществ, имеющих неупорядоченную структуру. Действительно, к таким веществам относятся многие полимерные материалы и, в той или иной степени, все биологические системы. В определенных условиях свойства этих сложных веществ могут быть аналогичны свойствам гораздо более простых по своему строению высоковязких стеклющихся органических жидкостей. Поэтому **актуальность темы диссертации** не вызывает сомнений.

Для выяснения природы фундаментальных закономерностей в поведении стеклющихся жидкостей необходимо применение разнообразных физических методов. **Научная новизна** диссертации определяется тем, что здесь впервые проведено систематическое исследование большого количества веществ методом рэлеевского рассеяния света, проанализировано поведение для этих веществ отношения Ландау-Плачека, получена экспериментальная зависимость времени α -релаксации, проведено сопоставление результатов этих исследований для разных веществ, на основе полученных результатов проанализирован ряд существующих литературных моделей.

По поводу оценки содержания диссертации можно отметить следующее.

В **первой главе** диссертации (литературном обзоре) дается подробный анализ состояния исследований в данной области. Обсуждаются различные теоретические модели стеклования, – такие как модель свободного объема, теория Адама-Гиббса,

двойной активационный закон, теория связанных мод, модель энергетической конфигурационной гиперповерхности, модель фрустрационно ограниченных доменов, модель двухкомпонентного параметра порядка. Также в этой главе обсуждаются потенциальные возможности применения оптической спектроскопии для изучения структурных особенностей и особенностей динамики молекул в стеклюющихся жидкостях.

Во второй главе описаны способы приготовления образцов и применяемые автором экспериментальные методы исследования. Подробно рассмотрены методы получения спектров рассеяния Мандельштама–Бриллюэна с применением интерферометра Фабри–Перо и способы записи широкого деполяризованного крыла линии Рэлея с использованием тандема интерферометров Фабри–Перо. Несомненным достоинством данной главы является подробное рассмотрение физических принципов, лежащих в основе указанных методов.

В третьей главе описаны результаты исследования спектров рассеяния Мандельштама–Бриллюэна. Изучены температурные зависимости отношения Ландау–Плачека для десяти разных стеклюющихся жидкостей. В рамках классической теории Фабелинского для однородной жидкости получены теоретические оценки температурного изменения данного отношения. Вывод формул для таких оценок описан в Приложении к диссертации. Установлено, что полученные из теории значения хорошо описывают экспериментальные температурные зависимости в области высоких температур. При понижении температуры наблюдается, однако, существенное расхождение: экспериментальная зависимость оказывается значительно более резкой, чем предсказывает теория, причем это происходит для всех изученных жидкостей. Найдено, что указанное отклонение возникает при температуре, близкой к температуре T_A , при которой имеет место переход от аррениусовского к неаррениусовскому характеру релаксации. Полученные результаты обсуждаются в рамках предположения об образовании в структуре стеклюющихся жидкостей локальных неоднородностей. В классической теории Фабелинского предполагается, что для описания системы достаточно двух независимых величин – давления и энтропии. Для объяснения полученных автором экспериментальных данных вводится третий независимый параметр порядка. Анализ экспериментальных температурных показал, что степень неоднородности

в структуре жидкостей растет с понижением температуры. То есть подтверждается гипотеза о зарождении локальных неоднородностей, причем температура зарождения этих неоднородностей оказывается близкой к T_A .

В четвертой главе описываются результаты исследования α -релаксации в пяти стеклющихся жидкостях, полученные с помощью тандема интерферометров Фабри–Перо. Автор подробно описывает способы обработки экспериментальных спектров и проводит анализ экспериментальных результатов. На приведенных в диссертации температурных зависимостях времен α -релаксации отчетливо заметен переход от аррениусовского характера к неаррениусовскому. В данной главе используется так называемый деривативный анализ экспериментальных зависимостей, что позволяет с большей достоверностью определить температуру перехода T_A . Установлено для всех исследованных жидкостей, что полученное значение температуры T_A хорошо согласуется с данными по температурной зависимости отношения Ландау–Плачека, представленными в третьей главе диссертации. Дана оценка температурного интервала для перехода температурной зависимости времени релаксации от аррениусовского характера поведения к неаррениусовскому, – оказалось, что этот интервал порядка 15 К. Обсуждаются в связи с этой оценкой различные теории стеклования: теория Адама–Гиббса, закон Фогеля–Фулчера–Таммана, двойной активационный закон, модель фрустрационно ограниченных доменов, феноменологическая модель экспоненциального увеличения величины энергетического барьера при охлаждении стеклующейся жидкости вследствие нарастания в ней молекулярной кооперативности. Показано, что лишь две последние модели позволяют описать наблюдаемый скачкообразный переход от аррениусовской температурной зависимости к неаррениусовской.

Практическая и научная значимость диссертационной работы заключается в применении автором новых экспериментальных подходов, в сочетании различных методов исследования, в проведении систематического исследования для широкого круга объектов. Полученные результаты позволяют уточнить существующие представления в области теории стеклования жидкостей.

Несомненным достоинством работы является полученное хорошее согласие расчета и эксперимента. Тот факт, что автору удалось добиться такого согласия,

указывает на **достоверность** используемых представлений и на высокий уровень работы в целом.

К содержанию диссертации можно высказать некоторые замечания.

1. Описанные в четвертой главе диссертации методы деривативного анализа применяются для нахождения производной от экспериментально измеренной зависимости. Эта проблема хорошо известна в вычислительных методах математики, способы ее решения описаны в многочисленных монографиях и учебниках. Желательно было бы дать соответствующие ссылки на эти способы, и обосновать выбор способа решения, представленного автором. (При этом правильность используемого в диссертации подхода сомнений не вызывает).
2. Хотелось бы также на страницах диссертации увидеть описание существующих в литературе представлений о физической природе аррениусовского характера температурной зависимости релаксации в области высоких температур.
3. В ряде мест диссертации используются жаргонные выражения. Так, на стр. 14 и в некоторых других местах говорится о «анджелловском плоте». Правильнее было бы говорить здесь не о «плоте», а просто о графике.

Данные замечания не снижают, однако, общей высокой оценки диссертационной работы. Автор продемонстрировала высокий научный уровень как при постановке и проведении эксперимента, а также и при теоретическом анализе наблюдаемых эффектов.

К оформлению диссертации особых замечаний нет. Материал достаточно полно представлен в опубликованных работах. Автореферат правильно отображает содержание диссертации.

Диссертационная работа Поповой Валерии Андреевны «ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКЛЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ РЭЛЕЕВСКОГО РАССЕЙНИЯ СВЕТА» удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор несомненно заслуживает присвоения искомой ученой степени по специальности 01.04.05 – оптика.

Заведующий лабораторией Института химической кинетики и горения СО РАН
доктор физико-математических наук, профессор

С.А.Дзюба

