

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы
Беленькова Романа Николаевича
**«Исследование параметров нелинейности
жидких сред на основе акустических данных»**,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 1.3.7 – Акустика

Диссертационная работа Р.Н. Беленькова посвящена разработке методов предсказательного расчета нелинейного отклика жидких сред и созданию приборно-программного комплекса для соответствующих экспериментов. Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена возрастающим интересом к диагностике термодинамического состояния веществ при высоких давлениях, включая экстремальные условия. Разработка методов ультразвукового зондирования, сочетающих линейную и нелинейную акустику с термодинамическим моделированием, представляет значительный интерес как для фундаментальной физики жидкого состояния, так и для прикладных задач материаловедения и химической технологии. Особую ценность работа приобретает в контексте исследования новых перспективных материалов, таких как ионные жидкости, данные о свойствах которых при высоких давлениях крайне ограничены.

В ходе исследования автором решен ряд важных задач, среди которых следует выделить:

- разработку метода определения параметра нелинейности Байера (В/А) на основе данных линейной акустики и термодинамики с учетом диссипативных процессов;
- создание метода восстановления кривых «давление–плотность» вплоть до гигапаскалевого интервала для статического и ударно-волнового сжатия;
- разработку автоматизированного аппаратно-программного комплекса для измерения скорости звука при высоких давлениях;
- получение новых экспериментальных данных по скорости звука и плотности ионных жидкостей с анионом трифлата и детектирование эффекта их замерзания под давлением.

Научная новизна полученных результатов не вызывает сомнений. Впервые продемонстрирована возможность предсказания плотности органических жидкостей до давлений в десятки гигапаскалей на основе акустических данных при нормальном давлении. Созданная экспериментальная установка позволяет проводить измерения с накоплением статистики в реальном времени, что повышает достоверность результатов. Работа выполнена на высоком научном уровне, логика изложения материала в автореферате четкая и последовательная.

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 научных работах, включая 3 статьи в рецензируемых международных журналах, индексируемых базами Web of Science и Scopus. Материалы исследования были успешно апробированы на ряде всероссийских и международных конференций (Санкт-Петербург, Москва, Воронеж, 2020-2024 гг.), что подтверждает интерес научного сообщества к представленным разработкам.

По содержанию автореферата и представленным результатам имеются следующие вопросы и замечания:

1. В работе предлагается комбинированное уравнение состояния, представляющее собой полусумму уравнений Тейта и Мурнагана (ур. 7). Такое усреднение даёт высокую точность предсказания ($R^2=0.996$), однако физическое обоснование именно этой формы комбинации остаётся не вполне ясным. Не является ли достигнутая точность следствием взаимной компенсации систематических ошибок каждого из уравнений в отдельности? Планируется ли разработка более строгого теоретического обоснования для выбора весовых коэффициентов при комбинировании?

2. Для некоторых объектов исследования наблюдаются систематические положительные или отрицательные отклонения предсказанных плотностей жидкости от экспериментальных (Рис. 3В). Можно ли связать природу этих отклонений с молекулярной структурой или другими особенностями строения этих соединений, например, с образованием межмолекулярных водородных связей в жидкой фазе? Если подобный анализ проводился, были ли попытки ввести дополнительные поправки для учёта этих факторов?

3. В подписях на графиках наблюдается некоторая непоследовательность. Например, на Рис. 1 единицы измерения (сантиметры) указаны в двух вариантах: на русском и на английском языках (см и cm). Также не переведены на русский подписи в легенде Рис. 1 и названия осей на Рис. 3.

Указанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Результаты, полученные Р.Н. Беленьковым, представляют существенный интерес для развития физической акустики и физико-химии жидкостей.

На основании изложенного, считаю, что диссертационная работа Беленькова Романа Николаевича «Исследование параметров нелинейности жидких сред на основе акустических данных» по своему объёму, новизне, научной и практической значимости полностью соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г. (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7 – Акустика.

Даю согласие на обработку моих персональных данных.

Доктор химических наук по специальности
1.4.4. Физическая химия,
доцент кафедры физической химии
Химического института им. А.М. Бутлерова
Казанского (Приволжского) федерального университета

420008, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18
Телефон: +7 (965) 585-16-92
e-mail: MiIYagofarov@kpfu.ru


Ягофаров Михаил Искандерович

