

## ФИЗИКА

УДК 532.783:534.6

### ВОЗМОЖНОЕ НАРУШЕНИЕ ОБЩЕПРИНЯТОЙ ГИДРОДИНАМИКИ СМЕКТИКОВ И НИЗКОЧАСТОТНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ПОГЛОЩЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКА

Д.Л. Богданов, Э.В. Геворкян, Ю.Н. Обыденков

Московский государственный областной университет (МГОУ)  
105005, Москва, ул. Радио, 10а

*Аннотация.* Показано, что в частотном интервале 95-760 кГц эффект возможного нарушения общепринятой гидродинамики смектических жидких кристаллов, как правило, не наблюдаем. Отклонения от квадратичной частотной зависимости коэффициента поглощения в ультразвуковых экспериментах определяются процессами акустической релаксации. Эта зависимость не является ни универсальной, ни характерной только для смектической А фазы. Кроме того, её характер меняется при изменении ориентации волнового вектора относительно индукции магнитного поля.

*Ключевые слова:* смектики, динамика, низкочастотный ультразвук, жидкие кристаллы, релаксация.

Жидкие кристаллы, сложные органические соединения, образующие ряд ориентационно упорядоченных промежуточных фаз между обычными твердыми кристаллами (с трехмерной кристаллической решеткой) и изотропными жидкостями. Мезогенные молекулы имеют жесткое анизометричное ядро, которое, в конечном счете, определяет неполное трансляционное упорядочение многочисленных мезофаз и их необычные динамические свойства.

Гидродинамическая теория нематических жидких кристаллов (нематиков или НЖК) кроме обычных для жидкостей переменных, включает две дополнительные гидродинамические переменные, связанные с ориентационным вектором, директором.

Смектические жидкие кристаллы (смектики или СЖК), имеющие слоистую структуру (частичный трансляционный порядок) приобретают гидродинамические переменные смещений и следовательно дополнительные акустические моды «второго звука». Причем вследствие сильно развитых флуктуаций в смектиках А и С в килогерцовом частотном диапазоне возможно нарушение общепринятой гидродинамики смектиков, проявляющееся в переходе (кроссовере) к линейной зависимости  $\alpha(\omega) \sim \omega$  коэффициента поглощения ультразвука от частоты. С другой стороны к нарушению классической гидродинамической асимптотики  $\alpha(\omega) \sim \omega^2$  приводит также явление акустической релаксации.

Поэтому особую актуальность приобретают низкочастотные (ниже 1 МГц) ультразвуковые эксперименты в жидких кристаллах, имеющих смектические фазы. Интерес представляет сравнение частотных зависимостей коэффициента поглощения различных фаз и веществ. Однако вследствие больших методических трудностей таких экспери-

ментов практически нет. Имеющиеся недостаточно надежны и не позволяют однозначно решить указанные выше проблемы динамики мезофаз [1].

В настоящей работе исследовано поглощение ультразвука в жидком кристалле 4-бутоксипенилиден-4'-октиланилин, имеющем нематическую, смектическую А и смектическую В мезофазы. Вещество помещалось во внешнее магнитное поле индукцией  $B=0,24$  Тл.

## МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В качестве метода акустических исследований в области частот от 100 до 650 кГц выбран резонаторный метод [2], позволяющий произвести измерения скорости и коэффициента поглощения ультразвука при постоянной геометрии акустической камеры.

В данной работе использовался акустический резонатор с выпукло-вогнутыми пьезопреобразователями, обладающий рядом преимуществ по сравнению со стандартным резонатором с плоскими пьезопреобразователями. Для достижения целей нашего исследования решающим преимуществом является возможность провести измерения в частотном интервале 100-650 кГц. В сочетании с малым объёмом исследуемого образца (около  $5 \text{ см}^3$ ) это позволило провести измерения, и получить информацию о низкочастотных асимптотиках акустических параметров.

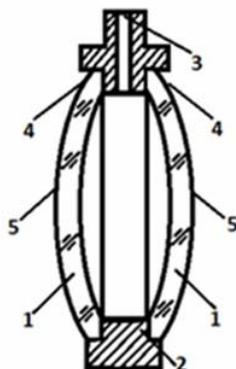


Рис. 1. Акустический резонатор

Конструкция акустического резонатора приведена на рис.1. Основу резонатора составляют два пьезопреобразователя 1, выполненные из ниобата лития среза  $\gamma + 36^\circ$ . Диаметр обоих преобразователей  $d = 30$  мм, а радиусы кривизны каждого преобразователя соответственно  $r_1 = +75$  мм и  $r_2 = -400$  мм. Поверхности пьезопластин отшлифованы и на них химическим способом нанесены электроды 4 и 5 из серебра. Симметричное расположение пьезопластин, необходимое для получения высоких добротностей, достигается за счёт размещения их в прецизионных проточках в титановом кольце при помощи малого количества эластичного клея, для этих целей применяется однокомпонентный герметик ВГО-1. Внешний диаметр кольца - 32 мм, а внутренний - 29 мм. Заполнение резонатора исследуемой жидкостью осуществляется через отверстие 3 в кольце 2. Для минимизации акустических потерь контакты с электродами осуществляются с помощью тонких упругих посеребрённых проводников. Внутренний объём ре-

зонатора составляет около  $4 \text{ см}^3$ . Относительная погрешность определения скорости ультразвука не превышает 0,2%. Результирующая максимальная погрешность определения коэффициента поглощения и его анизотропии составляет около 10% при  $f < 0,5$  МГц. Максимальная относительная погрешность определения анизотропии скорости ( $\Delta c/c$ ) при её значении около 10-5 менее 10%.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБСУЖДЕНИЕ

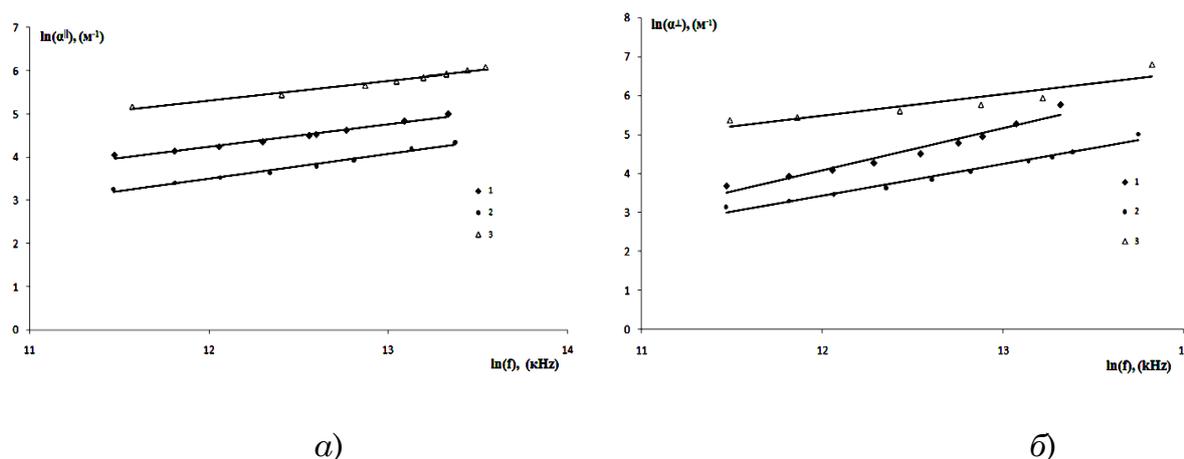


Рис. 2. Частотная зависимость  $\alpha(f)$  для параллельной (а) ( $\Theta = 0^\circ$ ) и перпендикулярной (б) ( $\Theta = 90^\circ$ ) ориентации волнового вектора относительно магнитного поля в двойном логарифмическом масштабе, 1-нематик, 2-смектика А, 3-смектика В.

Экспериментальные результаты, приведённые на рис.2 показывают, что эффекты, связанные с флуктуационным нарушением общепринятой гидродинамики смектиков А очевидно экспериментально ненаблюдаемы и их следует отнести к разряду «призрачных» («ghost») эффектов. Имеющиеся значительные отклонения от классической частотной зависимости следует связывать с релаксационными процессами (акустическая релаксация), характерными для всех мезофаз, а не только для смектиков А. Низкочастотное поведение ультразвуковых параметров жидких кристаллов, по-видимому, не является универсальным и качественно различается для разных веществ. Для окончательного решения проблемы нужны дальнейшие эксперименты в килогерцовом частотном диапазоне на широком круге веществ, имеющих различные смектические фазы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Базаров И.П., Геворкян Э.В. Статистическая физика жидких кристаллов. М., изд.Моск.ин-та. 1992.
2. Кононенко В. С. Прецизионный метод для измерения коэффициента поглощения ультразвука в жидкостях на частотах 0,1-20 МГц. Акустич. ж., 1987, т.33, №4.-С. 683-694.

**POSSIBLE INFRINGEMENT OF STANDARD HYDRODYNAMICS  
OF SMECTICS AND LOW-FREQUENCY DEPENDENCE  
OF FACTOR OF ABSORPTION OF ULTRASOUND**

**D. Bogdanov, E. Gevorkian, Y. Obydenkov**

*Moscow Region State University  
10a, Radio st., Moscow, 105005, Russia*

*Abstract.* It is shown that in a frequency interval 95-760 kHz the effect of possible infringement of the standard hydrodynamics of smectics liquid crystals, as a rule, isn't observable. Deviations from square-law frequency dependence of factor of absorption in ultrasonic experiments are defined by processes of an acoustic relaxation. This dependence isn't neither universal, nor characteristic only for smectic A phases. Besides, her character changes at change of orientation of a wave vector concerning a magnetic field induction.  
*Keywords:* smectics, dynamics, low-frequency ultrasound, liquid cry

УДК 541.64:539.2:536.7

**О ПРИРОДЕ ГИДРОФОБНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

**А.К. Дадиванян\*, Ю.М. Пашина\*, О.В. Ноа\*\*, Б.А. Королев\*\***

*\*Московский государственный областной университет  
105005, Москва, ул. Радио, 10а*

*\*\*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ),  
химический факультет  
119991, Ленинские горы, 1, стр.3*

*Аннотация.* Показано, что учет ближнего ориентационного порядка позволяет объяснить природу гидрофобных взаимодействий в водных растворах бензола и предсказать существование нижней критической температуры растворения вблизи критической температуры воды. Определен вклад ближнего ориентационного порядка в парциальную теплоемкость углеводородов при растворении в воде. Показано, что полученные результаты находятся в согласии с экспериментальными данными.  
*Ключевые слова:* Гидрофобные взаимодействия – ближний ориентационный порядок – метод атом-атом потенциалов – энтропия смешения – свободная энергия смешения – нижняя критическая температура растворения

Гидрофобные взаимодействия оказывают существенное влияние на свойства растворов низкомолекулярных соединений, синтетических полимеров и биополимеров. Особенно заметно их влияние на термодинамические свойства растворов, так как именно благодаря гидрофобным взаимодействиям возможно существование нижней критической температуры смешения в водных растворах [1].

До последнего времени гидрофобные взаимодействия объясняли существованием кластеров молекул воды [2], однако теория, основанная на определяющей роли класте-