



25 октября 2017 г.

Пресс-релиз

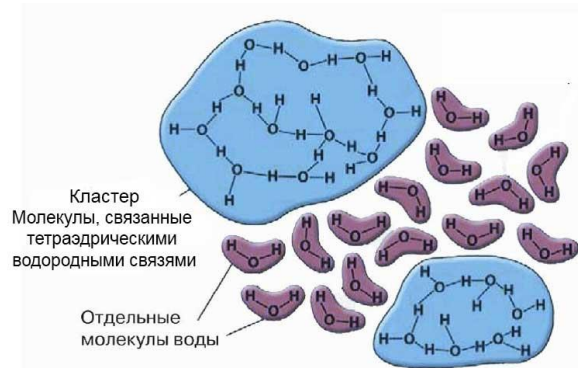
Сибирские ученые получили новые экспериментальные данные о структуре воды

Ученые [Института автоматики и электрометрии СО РАН](#) В.А. Зыкова, Ю.А. Карпегина, В.К. Малиновский и Н.В. Суровцев опубликовали статью [Temperature dependence of the Landau-Placzek ratio in liquid water](#) в журнале *Physical Review E* (ИФ 2.366) [1]. В ней приведены новые экспериментальные данные, относящиеся к структуре воды.

Вода – самое удивительное и необычное вещество на Земле. Она не знает современной физики, ведет себя своенравно, имеет очень много аномальных свойств. При охлаждении ниже +4 °С вода не сжимается, а расширяется; в твердом состоянии она легче, чем в жидком и т.д. Если рассматривать воду как совокупность молекул H₂O, то ее удельный вес должен быть 1,84 г/см³, а температура кипения 63,5 °С.

Все знают, что это не так. Эти и другие удивительные аномалии заставляют предположить, что воде присуща особая структура – внутри воды должны быть пустоты. Это подтверждается существованием газогидратов – объектов, где газы заполняют полости внутри воды.

Наиболее распространенная гипотеза о строении воды основана на представлении, что лед, вода и водяной пар состоят из молекул H₂O, объединенных в группы с помощью так называемых водородных связей. Свободные, не связанные в ассоциаты молекулы воды, присутствуют в ней лишь в небольшом количестве (~3 %).



В настоящее время многие ученые думают, что вода есть флуктуирующая смесь кластеров двух типов, в одном из которых молекулы связаны друг с другом как во льду, а в другом связи нарушены, благодаря чему эти кластеры более плотные. Размеры кластеров ~1–2 нм.

Рис. 1. Кластеры и свободные молекулы в воде (Модель предложена G. Nemethy, H.A. Scheraga).

Структурная кинетика выглядит так: при повышенных температурах равновесие в воде смещено в сторону доминирования ассоциатов с нарушенными водородными связями, в то время как льдоподобные кластеры преобладают при низких температурах.

Гипотеза о том, что водная структура содержит два структурных мотива, очень удобна для объяснения специфических свойств воды и поэтому популярна для интерпретации экспериментальных результатов. Но так ли это?

Если изучать упруго рассеянный водой свет, то можно узнать, однородна или неоднородна жидкость. Обычно формула Ландау – Плачека, являющаяся отношением интегральной интенсивности упруго рассеянного света (пик Рэлея) к интенсивности двух линий Бриллюэна, связанных с рассеянием на звуковых волнах, является мерой в таких экспериментах.



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и электрометрии
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИАиЭ СО РАН)

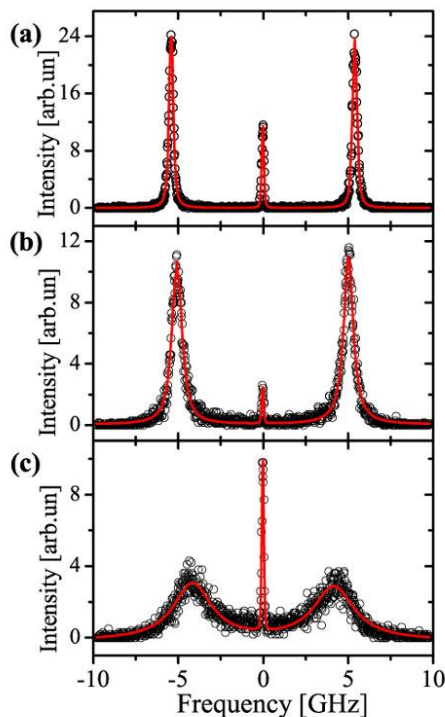


Рис. 2. Пик Релея и Бриллюэновские линии в воде при трех характерных температурах: $T = 324$ K (a), $T = 272$ K (b), $T = 249$ K (c).

Отношение Ландау – Плачека для однородных низковязких жидкостей хорошо описывается классическим теоретическим выражением, в котором используется пара независимых термодинамических переменных. **Появление неоднородной структуры должно приводить к дополнительному количеству упруго рассеянного света** по аналогии с влиянием флуктуаций концентрации в бинарных растворах.

В литературе известно всего несколько работ по определению отношения Ландау – Плачека в воде [2, 3]. Они выполнены давно и на аппаратуре ненадлежащего качества.

В экспериментах сотрудников [лаборатории спектроскопии конденсированных сред](#) ИАиЭ СО РАН отношение Ландау – Плачека измерено для жидкого состояния воды с помощью 6-проходного интерферометра Фабри – Перо. Ученые расширили диапазон температуры вверх и значительно скорректировали ранее сообщавшиеся сведения для переохлажденных состояний. Высокое спектральное разрешение аппаратуры исключило неоднозначность при оценке интенсивности пика Рэлея и линий Бриллюэна. Эксперименты показали, что зависящая от температуры часть отношения Ландау – Плачека хорошо описывается теоретическим выражением, в котором использована пара независимых термодинамических переменных (давление и энтропия).

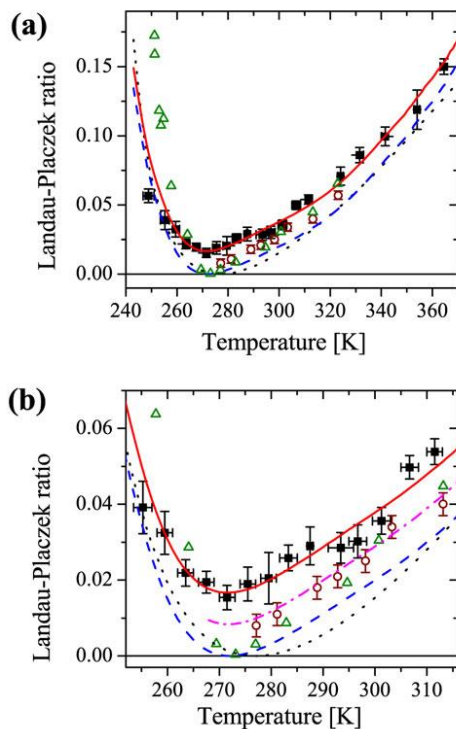


Рис. 3. Температурная зависимость отношения Ландау – Плачека для воды. Квадратами обозначены экспериментальные значения, полученные в данной работе; кружками – из [2]; треугольниками – из [3]. На рис. 3, (a) приведен весь температурный диапазон; на рис. 3, (b) – вблизи минимума. Линии соответствуют разным модельным предположениям. Красная сплошная линия показывает, как зависящая от температуры часть отношения Ландау – Плачека описывается теоретическим выражением, в котором использована пара независимых термодинамических переменных (давление и энтропия).

Экспериментальные данные, полученные учеными [ИАиЭ СО РАН](#), согласуются с теорией во



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт автоматики и электрометрии
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИАиЭ СО РАН)

всем изученном температурном диапазоне.

«Эксперименты привели к неожиданному результату и показали, что **никаких свидетельств увеличения упруго рассеянного света при низких температурах нет**. Как же так? Данные проведенного исследования **предполагают, что структура воды однородна**, и ограничивают возможности свободного фантазирования относительно моделей структуры воды» – пояснил один из авторов работы – д.ф.-м.н. В.К. Малиновский.

На следующем этапе исследований необходимо выяснить, почему флуктуации, вызванные возможными неоднородностями в структуре воды, не проявляются в рассеянии света.

[1] Zyкова V. A., Karpegina Y. A., Malinovsky V. K., and Surovtsev N. V. Temperature dependence of the Landau-Placzek ratio in liquid water, Phys. Rev. E 96, 042608 (2017). DOI: [10.1103/PhysRevE.96.042608](https://doi.org/10.1103/PhysRevE.96.042608)

[2] O'Connor C. L. and Schlupf J. P. Brillouin Scattering in Water: The Landau—Placzek Ratio, J. Chem. Phys. 47, 31 (1967). DOI: [10.1063/1.1711865](https://doi.org/10.1063/1.1711865)

[3] Maisano G., Majolino D., Mallamace F. et al. Landau-Placzek ratio in normal and supercooled water, Molecular Physics 57, 1083-1097 (1986). DOI: [10.1080/00268978600100791](https://doi.org/10.1080/00268978600100791)

Пресс-релиз на сайте ИАиЭ СО РАН:

https://iae.nsk.su/images/stories/0_News/2017/171025-Statja-o-strukture-vody.pdf