

ОБНАРУЖЕНИЕ ВТОРИЧНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЗВУКА В ЖИДКОСТИ ПРИ ОБЪЕМНОМ ВСКИПАНИИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРА

О.А.Букин, В.И.Ильичев, В.Д.Киселев

При воздействии на поверхность жидкости одиночного лазерного импульса обнаружен эффект двойной генерации звука. Обсуждается вопрос о его природе.

К вопросам возбуждения акустических полей в жидкости оптическим излучением привован взгляд многих исследователей, так как такой источник звука обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными. Всесторонне изучен термоупругий механизм¹, но он обладает малой эффективностью преобразования оптической энергии в акустическую. Дальнейшее увеличение плотности мощности лазерного излучения ведет к изменению агрегатного состояния жидкости и доминирующему механизму становится более эффективный - испарительный. К сожалению, последовательного полного теоретического описания заключительной стадии испарительного механизма - режима объемного вскипания нет, поэтому экспериментальные данные представляют значительный интерес.

В наших экспериментах использовался CO₂-лазер (длина волны 10,6 мкм и коэффициент поглощения излучения $\mu = 870 \text{ см}^{-1}$) с выходной энергией более 100 Дж и полной длительностью импульса 9 мкс. Оптическое излучение фокусировалось линзой на поверхность воды в пятно радиусом 1,5 см. Плотность энергии в пятне превосходила 2,5 Дж/см², что обеспечивало режим взрывного вскипания. Регистрация акустических сигналов производилась с помощью калиброванного гидрофона с полосой до 300 кГц, который позволял корректно воспроизводить форму импульсов. Сигнал с гидрофона усиливался, затем оцифровывался и записывался в память ЭВМ. Эксперименты выполнялись в морских условиях.

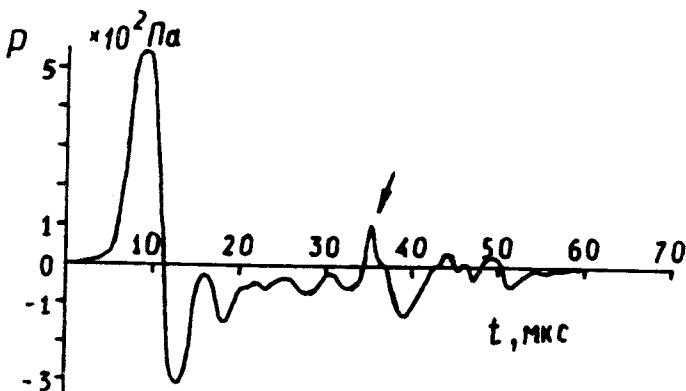


Рис. 1. Оциллограмма акустического сигнала, измеренного на глубине 20 м вдоль оси излучения

На рис.1 приведена осциллограмма акустического сигнала, зарегистрированного на глубине 20 м по оси излучения. Анализ его формы показывает, что наряду с основным импульсом, который является реакцией отдачи парокапельной струи, образованной в результате объемного вскипания, присутствует дополнительный сигнал (на рисунке отмечен стрелкой) примерно через 20 мкс после первого. Это время было практически неизменно во всех экспериментах, которые выполнялись при различных углах и до глубин 100 м. Соотношение амплитуд импульсов

на оси излучения было практически постоянным и составляло величину 5 : 1. Длительность дополнительного сигнала была меньше основного.

Эксперимент строился таким образом, чтобы исключить все возможные переотражения, связанные как с пространственным расположением гидрофона, так и внутренние, вызванные его конструктивными особенностями. Кроме того исключается появление второго сигнала и за счет дифракционных эффектов, обусловленных разницей прихода от различных краев апертуры.

Были измерены угловые характеристики обоих сигналов, вид которых показан на рис.2, где угол θ отсчитывается от вертикали. Отметим, что дополнительный сигнал обладает более высокой направленностью, что является доказательством в пользу того, что его источником является также самая область на поверхности жидкости, т.е. пятно лазера.

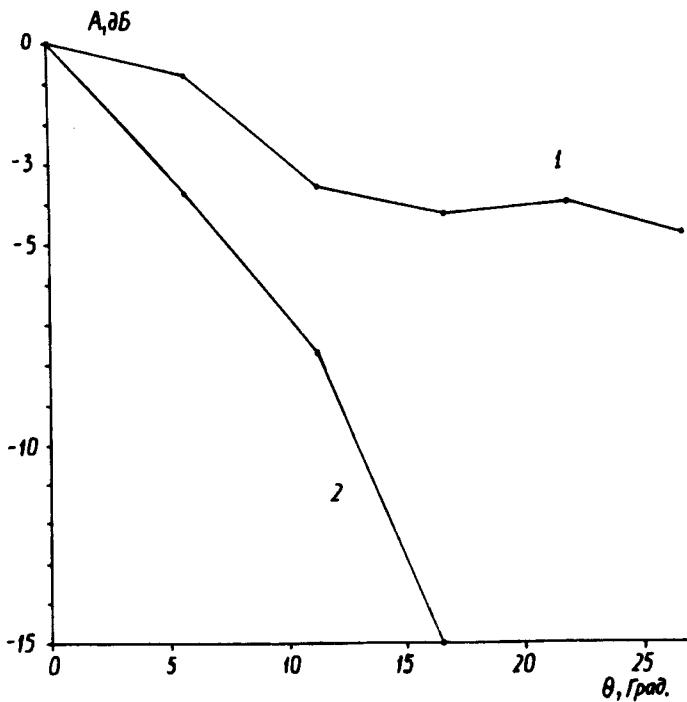


Рис. 2. Угловые зависимости акустических сигналов: 1 - основного, 2 - дополнительного

Физическая картина развития поверхностного испарения и последующего объемного вскипания очень сложна. В работе ² было совместно решено уравнение теплопроводности с движущейся границей и уравнение газодинамики для разлетающегося пара при нестационарном поверхностном испарении, проведено сравнение с экспериментом. При этом возможность конденсации пара в потоке не учитывалась. Для случая объемного вскипания температура жидкости внутри слоя достигает величины 600 К, и после взрыва пузырьков пара, образовавшихся на глубине с максимальной температурой складывается следующая ситуация: поверхность перегретой жидкости - тонкий слой пара - холодный воздух. Далее происходит испарение в среду с малым противодавлением и когда скорость пара становится больше местной скорости звука, тогда происходит образование конденсационного скачка ³, т.е. резкой конденсации паров, результатом которой является, наблюдаемый нами, дополнительный сигнал. В работе ⁴ высказана возможность существования такого эффекта. Авторы выражают благодарность А.О.Максимову за полезные обсуждения.

Литература

1. *Лямин Л.М.* Лазерное термооптическое возбуждение звука. М.: Наука, 1989, с.240.
2. *Витшас А.Ф., Корнеев В.В., Лобанов А.Н. и др.* ТВТ, 1987, 25, 312.
3. *Ландау Л.Д., Либкин Е.М.* Гидродинамика. М.: Наука, 1986, с.736.
4. *Алексеев В.И.* Акуст. журн., 1990, 36, 197.

Тихоокеанский океанологический институт
Дальневосточного отделения Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 октября 1990 г.