

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ СВЕЧЕНИЕ ПЛАЗМЫ КРОВИ И ДИАГНОСТИКА РАКА

Горский С. М., Карев Н. Д., Терентьев И. Г., Чернов В. В.

Механизм ультразвукового свечения жидкости, несмотря на множество предложенных гипотез [1-3], до настоящего времени не известен. Тем не менее свечение начинает использоваться для изучения свойств двухфазных (жидкость-газ) сред [3].

В настоящей работе характеристики ультразвукового свечения плазмы крови — интенсивность свечения и ее изменение во времени при постоянной амплитуде ультразвукового возбуждения измерялись с целью изучения возможности дифференциальной диагностики рака основных локализаций.

Оценивалась информативность значения числа световых импульсов N в единицу времени в момент включения акустического поля, $N_{\text{макс}}$ — максимального значения за время наблюдения свечения, а также скорости изменения N во времени.

Озвучивался малый конечный объем плазмы крови, приготовленной стандартным способом. Интенсивность ультразвука выбиралась в интервале значений 0,05–0,2 Вт/см². Схема измерений включала генератор сигналов, работающий на частоте

500 кГц, ультразвуковую кювету, в которую на излучатель, служивший дном кюветы, наливалась исследуемая жидкость. Наименьший объем жидкости выбирался равным 0,45 мл.

В качестве приемника излучения был применен ФЭУ-79 с эффективной шириной спектра принимаемого излучения в интервале 400–700 Нм. Между поверхностью жидкости и ФЭУ устанавливалась диафрагма для обеспечения темнового режима ФЭУ.

Фотоимпульсы преобразовывались усилителем-дискриминатором и поступали на счетчик импульсов. Измерения проводились следующим образом.

Жидкости — плазма крови или бидистиллированная вода, выдержанная в контакте с воздухом не менее 1 сут и используемая для калибровки измерительной установки, заливались в кювету. Калибровка проводилась ежедневно перед началом цикла измерений характеристик соосвещения биожидкости и заключалась в измерении характеристик свечения бидистиллированной воды. Диафрагма открывалась, и в течение 50 с проводились отсчеты фонового темнового значения N . Затем включалось возбуждающее поле. Отсчеты числа световых импульсов проводились каждые 10 с (время усреднения) в течение всего времени свечения. После окончания свечения повторялась в течение 50 с регистрация темнового уровня сигнала ФЭУ. Затем акустическое поле выключалось. Отношение сигнал/шум в измерениях изменялось от $3 \cdot 10^2$ при $N_{\text{макс}}$ до $\sim 5 \cdot 10$ при снижении N в 3 раза.

Всего было проведено 433 измерения свечения плазмы крови доноров, больных различными

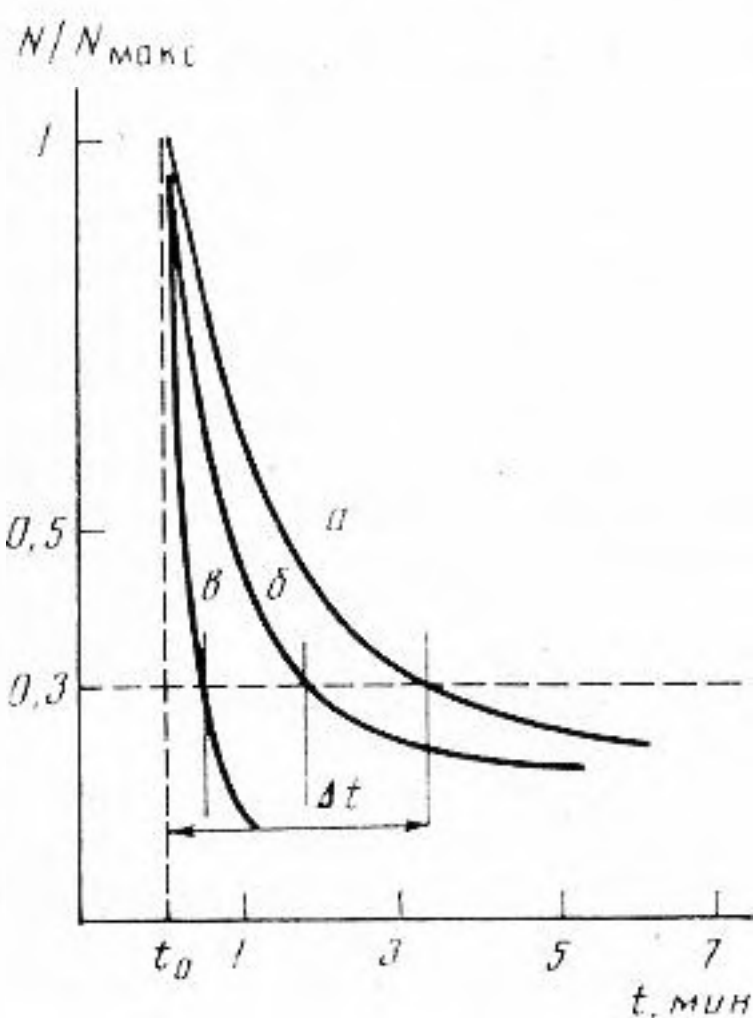
ми хроническими заболеваниями и раком основных локализаций (желудок, легкие и др.).

Анализ данных измерений и сопоставление полученных результатов с диагнозом, установленным традиционными инструментальными методами и верифицированными морфологическими исследованиями, показал, что информативной характеристикой свечения является скорость изменения N .

В качестве диагностического показателя (Π) оказалось удобным использовать отношение отрезков времени, в течение которых для плазмы и воды N уменьшалось в 3 раза: $\Pi = \Delta t_{\text{плазмы}} / \Delta t_{\text{воды}}$.

На фигуре приведены графики типичных нормированных на $N_{\text{макс}}$ зависимостей $N(t)$. Интервал времени Δt отсчитывается от момента времени t_0 , при котором $N = N_{\text{макс}}$. Приведены зависимости $N(t)$ для плазмы крови доноров, больных хроническими незлокачественными заболеваниями и больных раком.

Каждая точка графика получена усреднением N за 10 с и последующим скользящим усреднением полученных значений N по интервалу 30 с. Обработка полученных зависимостей $N(t)$, проведенная по методу наименьших квадратов, показала, что $N(t)$ близка к экспоненциальной зависимости. Значение показателя Π для плазмы крови в норме лежит в интервале 0,75–1, при злокачественных новообразованиях в интервале 0,016–0,15, значения Π для других видов заболеваний не падали ниже 0,2.



Зависимость нормированной интенсивности свечения плазмы крови доноров (а), больных хроническими заболеваниями незлокачественного генеза (б) и раком (в) от времени при постоянной амплитуде ультразвукового возбуждения

Наблюдаемое в патологии изменение информативных характеристик сопосвещения, по-видимому, связано с обнаруженным при измерениях газосодержания биожидкости нарушением закона Рауля, устанавливающим линейную связь между давлением газа над поверхностью жидкости и парциальным давлением растворенного газа. В частности, измерение парциального давления растворенного в плазме крови кислорода, проведенное на биологическом микроанализаторе RO-340, показало, что концентрация растворенного кислорода при злокачественной патологии не превосходит 0,88 ее значения в норме.

После обнаружения наблюдаемого эффекта его дальнейшее использование в диагностических целях (всего 433 измерения) проводилось слепым методом.

Диагностические измерения были проведены у трех групп больных. Первую группу (142 человека) составили больные, у которых традиционным методом был поставлен диагноз «рак желудка». Рассматриваемым методом диагноз в этой группе был поставлен у 124 больных, что составило 87,3%.

Вторую группу (141 человек) составили больные с хроническими заболеваниями желудка. Правильный диагноз «не рак» был поставлен у 115 больных, что составляло 81,6%.

Третью группу (150 человек) составили больные с заболеваниями органов различной локализации. В этой группе из 79 больных раком правильный диагноз был поставлен у 65 человек — 82,3%, а из 71 больного правильный диагноз «не рак» был поставлен у 65 человек — 91,5% [4].

Простота и надежность способа диагностики позволяет применять его для дифференциальной диагностики с неопухолевыми заболеваниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев А. И., Акопян В. Б. Ультразвуковое свечение. М.: Наука, 1977.
2. Verrall R. E., Sehgal C. M. Sonoluminescence // Ultrasonics. 1987. V. 25. № 1. P. 29–30.
3. Маргулис М. А. Основы звукохимии. М.: Высш. шк., 1984.
4. Карев И. Д., Горский С. М., Парохоняк А. И., Чернов В. В., Шишков Г. И. Способ диагностики рака: А.с. 1081846 // Б. И. 1981.

Институт прикладной физики
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
12.IV.1988

Горьковский медицинский институт
им. С. М. Кирова

УДК 534

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ ПРИ ВИБРОФОРМОВАНИИ

Данилевский Л. Н., Завтрак С. Т., Иванов А. Д.

Одна из актуальных задач в технологии формирования бетонных и железобетонных изделий — контроль степени уплотнения бетонной смеси. Известно [1–3], что 1% недоуплотнения бетонной смеси приводит к потере только прочности бетона на 7–10%. Попытки решить проблему уплотнения за счет увеличения его длительности сверх оптимально необходимого времени приводит к расслоению бетонной смеси, что также отрицательно сказывается на прочности бетона. Причем если уровень возмущающей силы недостаточен, то даже длительное уплотнение не гарантирует требуемую его степень. Актуальность контроля степени уплотнения особенно возрастает при автоматизации технологического процесса. На сегодняшний день отсутствуют точные и надежные методы измерения степени уплотнения бетонной смеси в процессе формирования.

В настоящей работе предложены акустический метод контроля, основанный на измерении параметров амплитудно-фазовой (АФ) модуляции звуковой волны, распространяющейся в бетонной смеси, содержащей пузырьки воздуха. Задача по определению газосодержания в жидкостях рассматривалась ранее в ряде работ (см., например, [4–5]).

Уплотнение бетонной смеси в основном достигается за счет удаления из нее воздуха. Степень уплотнения m и относительное объемное содержание воздуха α являются однозначно связанными величинами: $m=1-\alpha$. Из теории упругих волн, распространяющихся в газожидкостных средах [6–7], хорошо известно, что даже небольшое изменение газосодержания существенно влияет на характеристики таких сред, поскольку их сжимаемость в основном определяется сжимаемостью газовой фазы. Известно также, что наличие газа в жидкости приводит к уменьшению скорости распространения упругих волн. Например, для воды, содержащей пузырьки