

## Особенности электризации воды в процессе кавитации

Абдалиев У.К.

Институт природных ресурсов им. А.С.Джаманбаева ЮО НАН КР

*Представлены результаты экспериментального исследования течения диэлектрической жидкости в тонких каналах с соплом Лаваля. Обнаружено, что при пропускании жидкости через сопло Лаваля происходит кавитация жидкости из-за разности давлений до и после сопла и в результате образуются пузырьки и при взаимодействии они схлопываются. Показано, что с в зависимости от числа оборота водяной массы через сопла Лаваля происходит активация воды и возникает электрический ток. Обсуждаются механизмы электризации и возникновения электрического тока в активированной жидкости.*

The results of experimental research of dielectric fluid in thin channels with Laval nozzle. Found that by passing the fluid through the Laval nozzle is cavitation fluid due to pressure difference before and after the nozzle and the bubbles and interaction they shlopyvaûtsâ. Shown that, depending on the number of water masses through the activation of Laval nozzle water and electric current. Mechanisms of electrization and an electrical current in the liquid-activated is discussed.

Электризация жидкости при дроблении впервые была замечена в 1786 году у водопадов Швейцарии. Наиболее значительный эффект электризации воздуха наблюдается у самых больших водопадов мира – у водопада Игуассу на границе Бразилии и Аргентины (высота падения воды 190 м) и у водопада Виктория на реке Замбези в Африке (высота падения воды 133 м). У водопада за счет дробления воды возникает электрическое поле, например у Виктории напряженность поля достигает до 25 кВ/м. С удалением от водосброса это поле уменьшается и на расстоянии около 1600м по горизонтали и 500 м по вертикали электрическое поле водопада переходит в нормальное электрическое поле земной поверхности. Известно, что при дроблении пресной воды в воздух переходит отрицательный заряд. Поэтому в воздухе у водопадов количество отрицательных ионов превышает количество положительных[1].

У водопада Учан-Су в Крыму отношение отрицательных ионов к количеству положительных равно 6,2, а у водопада Ак-Суу в Средней Азии оно составляет около 4.

Наибольшая электризация воздуха наблюдается при разбрызгивании чистой воды. С увеличением концентрации примесей электризация уменьшается и далее меняет знак, а также с увеличением вязкости жидкости ее электризация при дроблении уменьшается. Подвижность выходящих при баллоэлектрическом эффекте в воздух заряженных капелек и молекулярных комплексов может изменяться от 4 до 0,05см/сек при радиусе этих образований в пределах  $3 \cdot 10^{-8} \dots 4 \cdot 10^{-7}$  см.

Выход электричества различен при разбрызгивании капель разной величины. Для капли диаметром 4,4 мм при скорости движения(падения) 6,8 м/сек высвобождается заряд  $0,89 \cdot 10^{-12}$  кулон/см<sup>3</sup>, в то время как для капли диаметром 0,4 мм при скорости падения 4 м/сек отдача заряда составляет  $10^{-12}$  кулон/см<sup>3</sup>. При наибольшей интенсивности разбрызгивания наблюдается выход заряда порядка  $10^{-10}$  кулонов на каплю.

Баллоэлектрический эффект наблюдается только у дипольных жидкостей. Основной причиной эффекта является наличие на поверхности жидкости слоя ориентированных диполей, которые создают двойной электрический слой внутри жидкости. Электрическое поле диполей простирается на некоторую глубину внутрь жидкости и концентрирует вблизи ее границ свободные заряды. У недипольных жидкостей электрическое поле поверхностного двойного электрического слоя внутрь жидкости не проникает.

Так как при разбрызгивании жидкостей образуются пузыри, в тонкой пленке которых заряд поверхности жидкости уже не будет скомпенсирован зарядом внутренних слоев, в воздух вместе с мельчайшими частицами жидкости уходит и избыточный заряд тонкой пленки пузырей. При адсорбции поверхностью жидкости свободных зарядов из ее внутренних слоев происходит уменьшение эффективной величины электрического поля внутреннего двойного электрического слоя и затем изменение его знака.

В 1966 году Петерсон в [2] при гидродинамической кавитации наблюдал светоизлучение в области замыкания пузырьков.

В 70-х годах XX века Колдомасовым А.И. в [3] было обнаружено свечение дистиллированной воды, протекающей в узком канале. Природа свечения была объяснена плазменными разрядами при кавитации воды, однако причина возникновения разрядов и источник образования плазмы не выяснены. Позднее (2007-2010г.г.) похожие явления были обнаружены при исследовании кавитации в органических жидкостях, протекающих с высокой скоростью в узких диэлектрических каналах [4-6].

Обнаруженное яркое свечение было локализовано в области наибольшего сужения канала диаметром 1-2 мм на удалении 2-3 мм от входа в капилляр Вентури при движении потока со скоростью, превышающей 40 м/с. Свечение проявлялось в виде искр, проскакивающих вдоль по течению в центральной части канала.

Для исследования электризации жидкой воды с примесями в трубопроводах после прохождения через узких каналов типа сопло Лаваля был создан стенд, воспроизводящий течения жидкости с эффектом кавитации. Согласно существующим представлениям, большинство кавитационных пузырьков почти сразу после их возникновения стремительно схлопываются под воздействием давления окружающей среды. При этом в них в конце схлопывания на короткое время развиваются очень высокие давления парогазовой смеси, заполняющей пузырёк. А когда пузырёк прилегает к твёрдой поверхности, то в нём при схлопывании

возникает микроскопическая кумулятивная струя из жидкости, разрушающая материал этой поверхности.

Основатель электрической теории сонолюминесценции советский физик Я.И.Френкель еще в 1940 г предположил [7], что кавитационные полости в воде возникают точно так же, как трещина в твёрдом теле. Оно и понятно - ведь вода имеет квазикристаллическую структуру. А поскольку молекулы воды сильно полярны, то на противоположных сторонах таких трещин в жидкой воде, по мнению Френкеля, появляются значительные заряды противоположных знаков, как при растрескивании ионных кристаллов. Затем между стенками полости начинают происходить электрические разряды в парогазовой среде, ведущие к возбуждению молекул и атомов газа с последующим высвечиванием ими фотонов.

Образование нескомпенсированного объемного электрического заряда(электризация) при течении слабопроводящих органических жидкостей в каналах связано с различием во взаимодействии положительно и отрицательно заряженных ионов жидкости со стенками, а также с разной скоростью переноса ионов различных сортов к границам раздела. Имеющие в литературе теоретические модели [1-7], описывающие этот процесс, основаны на предположении о слабом возмущении границей концентрации ионов в жидкости. Таким образом, в отсутствие внешних электрических полей при течении низкотемпературной частично ионизованной газовой смеси в канале вблизи границ раздела существуют тонкие (порядка 0,02-0,03 ширины канала) положительно заряженные электродиффузионные слои. Механизм образования таких слоев при идеально каталитических относительно заряженных частиц стенках обусловлен большим различием в подвижностях положительных ионов и электронов.

Нами факт наличия электрического тока в “активированной” жидкости и их грубая дифференциация по числам оборота водяной массы через сопло Лавала регистрировали с помощью мультимера VA800A.

В ходе экспериментов измерялось напряжение между погруженным в воду пропущенный через кавитатор алюминиевыми электродами с помощью мультимера VA800A, а также температура с помощью регистратора.

В таблице 1 приведены полученные экспериментальные данные.

Таблица 1

Зависимость значения напряжения между электродами от количества оборотов водяной массы в кавитаторе.

№		Количества прохождения водяной массы через сопло Лавала(кавитатор).		
		10	20	30
	Время, t (час)	U <sub>1</sub> , мВ	U <sub>2</sub> , мВ	U <sub>3</sub> , мВ
1	до прохождения	8	8	8
2	0	58	62	67
3	1	66	69	75

4	24	65	68	74
5	62	65	68	73
	240	65	68	73

Как видно из таблицы 1 численные значения напряжения между электродами зависит от количества оборотов водяной массы, пропущенная через кавитатор. Из полученных данных можно было бы сделать вывод о том, что возникающая в сосуде ЭДС связана с увеличением проводимости жидкости при повышении ее температуры (в процессе кавитации повышается температура кавитирующей жидкости). Однако, при повышении температуры до 50°C с помощью погруженного в воду электронагревателя зарегистрированное внешнее напряжение составляло  $\sim -0.05\text{В}$ , т.е. было не только в несколько раз ниже по абсолютному значению, но и имело другой знак, будучи близким измеряемому значению  $U$  при комнатной температуре. Следовательно, появление значительного положительного напряжения между электродами не связано однозначно с температурой и, по-видимому, обусловлено процессами кавитации.

Структурные аномалии гидродинамически (кавитационно) активированной воды являются самыми стойкими, т.е. Э.Д.С существуют до несколько месяцев.

Трудности в выявлении первопричины возникновения Э.Д.С. по-видимому взаимосвязаны тепловыми и электрическими эффектами[4-6], так как, сильный разогрев жидкости приводит к ее ионизации, а электрический пробой — к ее разогреву. Если для схожего явления — так называемой гидролюминесценции— определяющим является именно возникновение сильных электрических полей, то для этого случая Я.И. Френкель в своей монографии [7, с.366] высказывал гипотезу о том, что причиной свечения может являться двойной электрический слой (ДЭС) на ультразвуковом волноводе (УЗВ): колебания зарядов приводят к образованию в "газовой линзе" полей  $\sim 10^7 \text{ В/см}$ , что должно вызывать микроразряды при условии, что толщина слоя газа превышает длину свободного пробега электрона. Носителями зарядов, образующего ЭДС являются электроны или ионы, в настоящее время еще нам неизвестно, поэтому необходимо проведения дополнительных исследований.

Выводы:

1. В объеме гидродинамического кавитирующего потока жидкости в узких каналах типа сопло Лавая формируются электрические заряды, определяющие сложные электрические процессы.
2. Условия существования в потоке жидкости электрических зарядов и больших растягивающих напряжений могут стать причиной возникновения светоизлучения достаточной интенсивности.

Литература

1. Арабаджи В. Загадки простой воды.// [http:// www. gumer. info/ bibliotek\\_Buks/Science/arab/01.php](http://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Science/arab/01.php)
2. Peterson F. Light emission from hydrodynamic cavitation. Ph. D.Thesis. Northwestern University, 1966/ <http://tehnomag.bmstu.ru/doc/535547.html>
3. Koldomasov A.I. Plazmennoe obrazovanie v kavitiruiushchei dielektricheskoi zhidkosti. // Zhurnal tehnicheckoi fiziki, 1991, vol.61, no2, pp188-190
4. Бирюков Д.А., Герасимов Д.Н., Синкевич О.А. Электризация жидкости при сонолюминесценции // Письма в ЖТФ, 2014, т.40, вып.3. с.90-93.
5. Панкратьева И.Л., Полянский В.А. Электризация слабопроводящих многокомпонентных жидкостей при ламинарном течении в плоском канале// [www.chemphys.edu.ru/pdf/2006-05-11-001.pdf](http://www.chemphys.edu.ru/pdf/2006-05-11-001.pdf)
6. Маргулис М.А., Пильгунов В.Н. Механизм свечения и электризации жидкостей при течении в узких каналах// ПЖТФ, 2010, т.2, №1(36)
7. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1945. 424 с.