

## О ДИНАМИКЕ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТЕЙ АКУСТИЧЕСКИМИ ИМПУЛЬСАМИ

**В.Б. Юферов, А.Н. Пономарев, Е.В. Муфель, А.Н. Озеров, И.В. Буравилов, В.Н. Ищенко**

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,  
г. Харьков, Украина*

Исследованы процессы обезгаживания воды и удаления солей с помощью мощных акустических импульсов. Предложена модель, которая объясняет механизм этих процессов.

Исследовались процессы обезгаживания воды и удаления солей с помощью акустических импульсов [1,2]. Установка включала 60 л камеру с 20 л воды, импульсный газодинамический излучатель, пьезоакустический датчик, систему контроля прозрачности жидкости, состоящую из милливатного лазера,  $\lambda=602$  нм, фотодиода. Камера вакуумировалась до 80...120 Торр.

Длительность акустического сигнала составляет около 30 мс, уровень мощности около 10 кВт. Результаты контроля уровня прозрачности жидкости показаны на рис.1 (импульсы 1,7,12).

После включения излучателя и связанного с ним акустического сигнала газ в течение 1 с проходит через водную среду - первый максимум на осциллограмме. В это время прозрачность воды стала нулевой. Однако вскоре жидкость снова теряет прозрачность, во всем объеме появляются растущие пузырьки газа - второй максимум. Пузырьки всплывают и среда просветляется.

Жидкость полностью непрозрачна при данном уровне мощности импульсов, вплоть до седьмого. Для 12-го импульса прозрачность среды меняется мало, однако наблюдаются флуктуационные колебания, газовыделение с поверхности от импульса к импульсу уменьшается (рис. 2). Скорость роста пузырьков и скорость их всплывания уменьшается от импульса к импульсу. Данные рис.1 не совпадают с результатами [3], где рост пузырьков прекращался с выключением УЗ-излучателя и определялся действием силы Бьеркнеса. В нашем случае первоначальный короткий импульс вызывал рост зародышей и пузырьков и через большое время после прохождения импульса, что заставляло предположить либо наличие длительно затухающих акустических колебаний, либо возможного действия светового излучения [4], либо их суммы.

В процессе исследований возникло предположение о возможности использования этого процесса для выведения солей, подобно эффекту флотации, только на микроуровне.

В процессе образования газовых пузырьков, на эту поверхность могут диффундировать атомы и ионы солей, т.е. на ней происходит адсорбция примесей. Поверхность раздела может достигать сотен  $\text{м}^2/\text{г}$ . В процессе роста газовые пузырьки начинают всплывать, и если хватает архимедовой подъемной

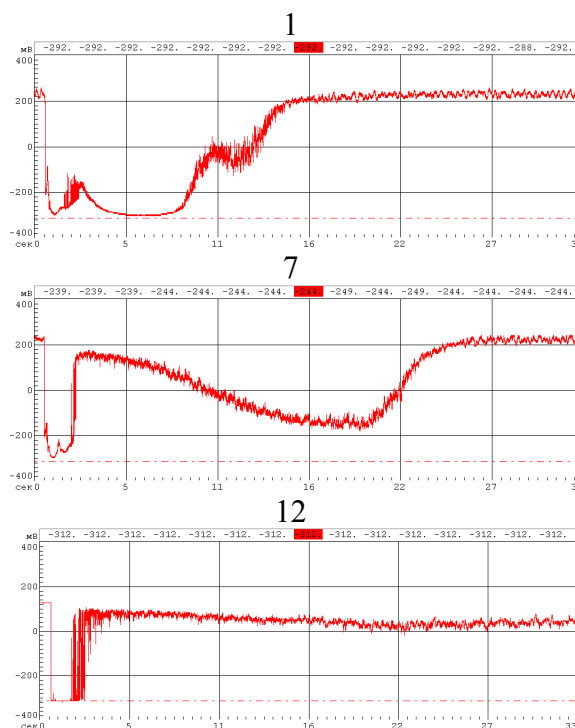


Рис. 1. Зависимость прозрачности воды от времени

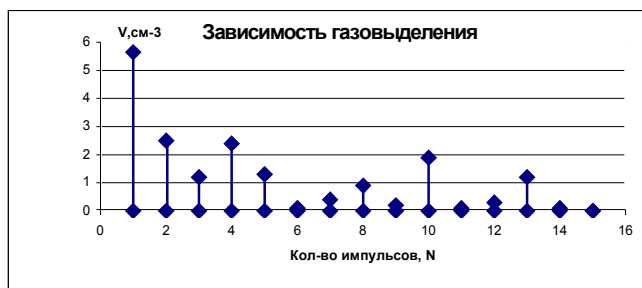


Рис. 2. Зависимость газовой выделения от количества импульсов

силы, молекулы газа несут с собой молекулы солей, плотность которых выше плотности жидкости. На внешней поверхности пузырьки распадаются и принесенные примеси в избыточной по сравнению с раствором концентрации находятся вблизи поверхности. В силу большого градиента концентрации и внутрижидкостных потоков область с повышенной концентрацией достаточно быстро рассасывается.

Поэтому для выведения соли было создано собирающее устройство. Это дополнительное, герметичный относительно водяной ванны пластмассовый тонкостенный объем, в котором могли развиваться все процессы, не возмущенные газовыми и водяными потоками в момент инъекции. Происходящая в этом объеме дегазация формировала только направленные потоки всплывающих пузырьков, которые при всплытии удалялись в систему накопления. В дополнительный объем был введен 3% раствор поваренной соли. После нескольких импульсов в нижней части системы разделения выпали кристаллы соли, окрашенные в бурый цвет. Заметим, что первичная, водопродовная вода содержит значительную долю солей железа, которые, выпадая в осадок, имеют бурю окраску. Таким образом, после звукового воздействия выпала смесь солей, находившихся в растворе. Вначале раствор в системе разделения был ненасыщенным, т.е. состоял из водопродовной воды, соли могли попасть туда в процессе переноса воздушными пузырьками. Через 30 импульсов концентрация соли достигла 4%. Кроме того, в осадок, на дно дополнительного объема, выпало 0,02 г солей. Как известно, в воде при 20 °C растворяется около 18 и 35 мл/л азота и кислорода, соответственно, или 1 молекула азота или кислорода на  $7,5 \dots 3,8 \cdot 10^4$  молекул воды. Они находятся друг от друга на расстояниях в 42 и 34 (диаметров молекулы воды) элементарных постоянных решетки воды. При концентрации солей (1...3 г/л) их число почти на 2 порядка больше концентрации молекул растворенных газов. Отсюда расстояние между ними составляет 8...9 диаметров молекул воды, т.е., казалось бы, любое взаимодействие между атомами примесей экранируется силовым полем воды. В условиях облучения силы Бьеркнеса приводят к росту газовых пузырьков. Очевидно, идет рост всех зародышей, а не только газовой фазы. С другой стороны, наличие примесей-газов ослабляет связи вода = вода вблизи примесного зародыша, и его рост может определяться вытеснением примесей молекулами воды.

Кластерная гипотеза строения воды, не имеющая смысла для чистого беспримесного случая, приобретает при наличии примесей совершенно новую основу. При отсутствии примесей малая величина сил водородных связей делает неопределенными границы столь динамического образования. Пузырьки газа и примесные зародыши могут задавать границу водяного кластера (легкая жидкость на границе с тяжелой). В то же время кластеры микрометровых размеров с суммарной площадью поверхности  $5 \dots 10 \text{ м}^2/\text{г}$ , с границами из воздушных или примес-

ных пузырьков-зародышей толщиной в  $3,5 \dots 10 \text{ \AA}$  могут оказаться вполне реальными образованиями. Наличие примесных пленок на границах кластеров увеличивает подвижность примесей, подобно зерно-границной диффузии в твердых телах. Совсем не следует, что внутри кластеров нет примесей. Объем внутри динамического элементарного кластера является аналогом микропоры. Только ее существование, существование кластера стабилизируется наличием в нем примесных молекул. Во время импульса давления происходит сжатие и сдвигка пузырьков и зародышей примеси (в основном на границах кластеров), приводящие их столкновениям и последующему росту. При этом в пузырьках и зародышах могут содержаться разнородные молекулы. Положительной подъемной силой будут обладать пузырьки, в которых отношение концентраций газ-соль будет не менее 2...3. Поэтому по мере дегазации воды от импульса к импульсу время восстановления прозрачности все возрастает. Для выведения солей необходимо постоянное растворение газа в жидкости. Наличие смешанных зародышей, всплывающих пузырьков, делает процесс полной дегазации проблематичным.

Обращает внимание также определенная цикличность в величинах газовыделения, что может свидетельствовать о наличии потенциальных барьеров, временных изменениях в энергетическом рельефе, открытии сквозных границ, вскрытии не доступных ранее полостей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.Б. Юферов, Ю.В. Холод, Е.В. Муфель, В.М. Шулаев. Дегазация закалочно-охлаждающих водоподобных сред звуковыми импульсами // *ОТТОМ-2: Сборник докладов*. 2001, часть 1, с 126–129.
2. В.Б. Юферов, Ю.В. Холод, А.Н. Рыбалко, Е.В. Муфель, В.Ф. Малец, А.Н. Озеров, В.П. Слюсарь. О возможности вывода солей из растворов под воздействием акустических волн // *ВАНТ. Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение»* (82). 2002, № 6, с. 149–151.
3. В.Ф. Казанцев. Движение газовых пузырьков в жидкости под действием сил Бьеркнеса, возникающих в акустическом поле // *ДАН СССР*. 1959, т. 129, №1, с. 64-67.
4. Б.Г. Емец. *Ефекти взаємодії низькоінтенсивних електромагнітних хвиль з нанорозмірними газовими включеннями в рідких середовищах*: Автореф. докт. дис. Харків, 2004.

#### ПРО ДИНАМИКУ ОЧИЩЕННЯ РІДИНИ АКУСТИЧНИМИ ІМПУЛЬСАМИ

*В.Б. Юферов, О.М. Пономарьов, Є.В. Муфель, О.М. Озеров, І.В. Буравілов, В.М. Іщенко*

Були досліджені процеси знегаження води та видалення солей за допомогою потужних акустичних імпульсів. Запропонована модель, яка пояснює механізм цих процесів.

#### THE DYNAMICS OF THE LIQUID CLEANING BY ACOUSTIC PULSE

*V.B. Yuferov, A.N. Ponomarev, E.V. Mufel, A.N. Ozerov, I.V. Buravilov, V.N. Ischenko*

The explored processes of digestion water and removing the salts by means of powerful acoustic pulse were investigated. The model which explains the mechanism of these processes was offered.