

Нанопузырьки как мишень слабых электромагнитных воздействий на воду и биожидкости

Шаталов В.М.

Донецкий национальный университет, Донецк, Украина
vladishat@gmail.com

Актуальность исследований механизмов неионизирующих, нетепловых воздействий электромагнитных полей (ЭМП) на слабо проводящие немагнитные жидкости, каковыми являются вода и прочие биожидкости, обусловлена возрастающим электромагнитным загрязнением окружающей среды и возможным влиянием ЭМП на здоровье людей. С другой стороны, слабые ЭМП используются в физиотерапии, и механизм их лечебного действия также не всегда понятен. Известные теоретические модели биологического действия слабых ЭМП противоречивы и недостоверны (Бинги В.Н., Савин А.В., 2003). То же самое можно сказать о воздействии слабых ЭМП на воду. Вода, контактирующая с воздухом, является открытой неоднородной системой. Часть растворенного воздуха образует коллоид из нанопузырьков. Пузырьки термодинамически метастабильны вследствие адсорбции ионов на их поверхности. Граница воды и газовой фазы заряжена отрицательно, притягивая диффузное облако противоионов из раствора. Снаружи на пузырек действует давление Лапласа, внешнее давление (звуковое или ЭМП) и атмосферное давление. Изнутри – температура (внутренняя энергия) и кулоновское отталкивание адсорбированных ионов. Оценки радиуса пузырька неоднозначны, как и экспериментальные данные о поверхностном заряде, поскольку состояния метастабильны. Так для случая адсорбции на пузырьке 700 однозарядных ионов (скачок поверхностного потенциала 0.1 V/nm) получаем $a \sim 100$ nm.

Очевидно, что пузырьки как скачки плотности могут поляризоваться и служить первичной мишенью для ЭМП. Оценки для характерных значений радиуса пузырька $a=100$ nm, напряженности $E_0=10^3$ V/m и $grad(E_0)=10^6$ V/m² дают в воде добавку к давлению $\Delta P \approx 10^{-6}$ Pa (на уровне порога слышимости), выталкивание из поля и сближение пузырьков (с учетом вязкого трения) со скоростями 0.2 и 10 nm в день соответственно. Можно ожидать, что в переменном поле добавка к давлению приведет к росту пузырьков по известному в акустике механизму односторонней диффузии и, как следствие, к росту объема газовой фазы в коллоиде вода плюс воздух. Выталкивание против градиента поля приведет к уменьшению равновесной концентрации коллоида пузырьков в соответствующей области, к образованию и уходу новых пузырьков, а сближение и коалесценция – к их укрупнению и всплытию. В итоге получаем уменьшение количества молекул газа в растворе – дегазацию, что, как известно, меняет физико-химические свойства жидкости. Влияние дегазации можно проследить независимо от воздействия ЭМП. Показано (Зинченко А.А., Шаталов В.М., 2010), что насыщение воздухом или дегазация крови может приводить к искажению результатов анализов и, как следствие, к некачественной диагностике. Возможно, что биологические эффекты воздействия слабых электромагнитных полей *in vivo* обусловлены сопутствующей дегазацией биожидкостей.

Таким образом, 1) первичной мишенью воздействия ЭМП могут быть нанопузырьки, присутствующие в водных средах; 2) накопление воздействия ЭМП происходит путем дегазации жидкости в результате роста, слияния и выхода пузырьков; 3) биологическое действие ЭМП обусловлено изменениями физико-химических свойств биожидкости после дегазации. Кроме того, дегазация под действием ЭМП, возможно, объясняет ряд необычных результатов. Так, например, выход CO₂ приводит к возрастанию pH и изменению ИК спектров в облученной воде,

удаление пузырьков и освобождение адсорбированных носителей дает рост электропроводности воды, рост пузырьков под действием ЭМП – изменение прозрачности воды, замедленное всплытие части пузырьков объясняет эффекты последствия ЭМП. Возможно, что реакция людей на погоду связана с влиянием атмосферного давления на величину равновесного радиуса пузырьков в крови.

Метод изучения фазовых переходов в испаряющейся капле и его применения

Т.А. Яхно

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

tanya-yakhno@rambler.ru

Испарение воды из капель водных растворов, сидящих на стеклянной подложке, сопровождается, в зависимости от состава жидкости, процессами стеклования, гелеобразования, седиментации и кристаллизации. Эти события имеют пространственно-временную упорядоченность и соответствуют понятию «самоорганизация». Таким образом, капля жидкости, высыхающая на твердой смачиваемой подложке, представляет собой естественную модель самоорганизующейся системы с бесконечно большим разнообразием вариантов динамики процессов молекулярной самосборки, в зависимости от состава и структуры жидкости. Исходные физико-химические параметры раствора влияют на динамику таких процессов как коацервация, преципитация, седиментация, гелеобразование и кристаллизация, сопровождающие процесс высыхания многокомпонентной жидкости. В результате меняются физические свойства капли, динамика которых может быть зарегистрирована. При одинаковых внешних условиях эта динамика определяется только составом и структурой жидкости. Если капля высыхает на поверхности сенсора, то динамика отвердевания капли может быть зарегистрирована и охарактеризована количественно. Создан прототип прибора, чувствительным элементом которого является кварцевый резонатор, колеблющийся с постоянной частотой. Капля высыхает на полированном участке пластины резонатора. Регистрируемой величиной является электрическая проводимость системы «капля + резонатор». Регистрируемый сигнал автоматически пересчитывается в акустомеханический импеданс (АМИ), отражающийся на экране в реальном времени. Сдвиговая волна, возникающая в капле, чрезвычайно чувствительна к зарождению и росту новой фазы на границе с подложкой. Это позволяет проводить сопоставительный анализ жидкостей методом количественного сравнения с эталоном. Форма кривой АМИ может быть параметризована с помощью тех или иных алгоритмов (индексов формы) и представлена в виде числа на плоскости признаков, что позволяет получать количественные различия между сравниваемыми жидкостями. С помощью данного метода можно, например, регистрировать действие на растворы низкоинтенсивных факторов физической природы, определять моменты возмущения и релаксации структуры, соответствующие понятию «память воды». При этом в качестве информативного показателя используется кинетика кристаллизации соли, добавляемой в нее после физического воздействия в качестве индикатора изменения структуры жидкости.

Демонстрируются практические возможности метода в оценке изменения состава и структуры жидкости под действием магнитного поля, запахов, добавления тех или иных ионов, тех или иных растворителей. Показаны примеры использования