

ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Пиротти Е. Л.

*Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт"**Исследовано воздействие ультразвуковых колебаний на физико-химические характеристики биологического объекта.*

Постановка проблемы Рассматривая многообразие практических применений ультразвуковых колебаний и волн, нельзя не упомянуть об ультразвуковой медицинской диагностике, которая даёт в ряде случаев более детальную информацию и является более безопасной, чем другие методы диагностики. Об ультразвуковой терапии, занявшей прочное положение среди современных физиотерапевтических методов, и, наконец, о новейшем направлении применения ультразвука в медицине - ультразвуковой хирургии.

Наряду с применениями практического характера, ультразвук играет важную роль в научных исследованиях.

Нельзя себе представить современную физику твёрдого тела без применения ультразвуковых и гиперзвуковых методов, без понятия о фотонах, их поведении и взаимодействиях с различными полями и возбуждениями в твёрдом теле.

В изучении жидкостей и газов широко используются методы молекулярной акустики; всё большую роль играют ультразвуковые методы в биологии.

Интерес к ультразвуку, к ультразвуковой технике всё возрастает, благодаря его проникновению в самые различные области человеческой деятельности.

Анализ последних исследований и публикаций. Результаты наблюдений, а также сведения о том, что ультразвуковые волны могут проникать сквозь мягкие ткани человеческого организма, привели к тому, что с начала 1930-х гг. возник большой интерес к проблеме применения ультразвука для терапии различных заболеваний. Тем не менее, лишь сравнительно недавно стал намечаться истинно научный подход к анализу явлений.

Физика взаимодействия ультразвукового излучения с биологической средой должна включать следующие процессы: распространение ультразвука в "биологической среде", такой как тело человека, взаимодействие ультразвука с компонентами этой среды и измерения и регистрация акустического излучения, как падающего на объект, так и возникающего в результате взаимодействия с ним. [1, 2].

Практическое применение УЗ развивается в двух направлениях: применение волн малой интенсивности (низкоэнергетические колебания, не приводящие к необратимым изменениям в материалах и телах, через которые они распространяются) [1]; применение высокоэнергетических колебаний - волн высокой интенсивности для активного воздействия на вещества и изменения их структуры и свойств [2].

Цель статьи. Определить влияние ультразвуковых колебаний на биологические объекты.

Основные материалы исследования. При распространении УЗ в биологических средах происходит его поглощение и преобразование в акустической энергии в тепловую.

Образование тепла происходит не равномерно по всей толщине тканей, а проявляется наиболее заметно на границах сред с различными волновыми сопротивлениями.

Локальный нагрев тканей на доли или единицы градусов, как правило, способствует жизнедеятельности биологических объектов, т.к. процессам обмена веществ свойственна сильная температурная зависимость. Однако значительное повышение интенсивности УЗ и увеличение длительности его воздействия могут привести к чрезмерному нагреву биологических структур и к их разрушению (УЗ хирургические операции).

Причиной изменений, возникающих в биологических объектах под действием УЗ могут быть также вторичные эффекты физико-химического характера. Так, благодаря образованию акустических потоков происходит энергичное перемешивание внутриклеточных микроструктур. Кавитация в среде приводит к разрыву молекулярных связей. Например, молекулы воды распадаются на свободные радикалы OH и H , что является первопричиной окисляющего действия УЗ. Подобным образом происходит расщепление под действием УЗ высокомолекулярных соединений в биологических объектах.

Терапевтическое влияние ультразвука на организм обусловлено совместным действием ряда факторов, включающих механические колебания, эффекты физико-химического и нервно-рефлекторного характера, а также теплоту, выделяющуюся в тканях при поглощении ультразвука. При этом активизируются обменные и репаративные процессы, ускоряется рассасывание инфильтратов и кровоизлияний, увеличивается проницаемость тканевых мембран [3]. В терапевтических дозах ультразвук воздействует в основном на патологически измененные, а не на здоровые ткани, ускоряя восстановление физиологического равновесия [4].

Для УЗ терапии важен обоснованный выбор параметров воздействия: частоты, интенсивности, длительности, скважности (если воздействие осуществляется в импульсном режиме) и способа проведения процедуры (вид контактной среды, положение преобразователя относительно больного - неподвижное, лабильное или массирующее [3]).

При распространении интенсивных УЗ колебаний (интенсивностью более 12 Вт/см) в жидкости наблю-

дается, обусловленный УЗ давлением эффект, называемый УЗ кавитацией.

Под акустической кавитацией понимают образование и активацию газовых или паровых полостей (пузырьков) в среде, подвергаемой УЗ воздействию [4]. По общепринятой терминологии существуют два типа активности пузырьков, стабильная кавитация и коллапсирующая, или не стационарная, кавитация, хотя граница между ними не всегда четко очерчена. Стабильные полости пульсируют под воздействием давления УЗ поля. Радиус пузырька колеблется около равновесного значения, полость существует в течение значительного числа периодов звукового поля.

Как уже отмечалось, УЗ, проходя через любую среду, создает в ней при обычных условиях знакопеременное давление. В результате молекулы и различные частицы, находящиеся в жидкости, должны с частотой волны повторить движение.

Большинство биологических сред — это конфигурационно сложные микрообъекты, состоящие из волнообразных цепочек, колец, радикалов. Во время прохождения УЗ через такую молекулу ее легкая часть будет колебаться в резонансе с частотой волны, а тяжелая часть станет отставать. В результате возникнут зоны напряженности, значительные силы трения, превосходящие силы химической связи, произойдет разрыв цельной молекулы вещества.

При воздействии на процесс растворения УЗ с большой интенсивностью в жидкой среде возникают знакопеременное звуковое давление, способствующее проникновению жидкости в трещины и капилляры растворяемого вещества, а также быстрые течения: звуковой ветер, кавитация. Интенсификация процесса растворения, а равно и коэффициент диффузии зависят от значений амплитуды и частоты вынужденных колебаний жидкости.

При воздействии на среду УЗ, уменьшается динамическая вязкость полярных жидкостей; микротрещины и поры, имеющиеся в твердой фазе, разветвляются, увеличиваются их размеры и глубина. У кромки открытой микротрещины при интенсивном движении жидкости происходят турбулизация микропотоков, а затем и срыв вихрей. Здесь процесс растворения твердой фазы лимитируется коэффициентом турбулентной диффузии. Поступающие из первой во вторую зону турбулентные пульсации осуществляют перенос основной массы растворяемого вещества. В третьей зоне массообмен обусловлен хаотическим молекулярным движением. Продольные и поперечные размеры микротрещин являются важным фактором в процессе растворения.

При возникновении УЗ переменного давления ($\pm 5 \times 10^5$ Па) в жидкости, находящейся в трещине, создаются колебательные тангенциальные смещения микрообъемов растворителя вдоль стенок, которые переходят в однонаправленное движение раствора.

Молекулярная диффузия практически сменяется достаточно быстрым конвективным массопереносом.

Таким образом, при использовании УЗ как средства интенсификации процесса растворения, существенное значение имеют микропульсации растворите-

ля, в особенности если длина волны равна или меньше размера твердой частицы или же линейных размеров микротрещин, пор, капилляров. Данные свидетельствуют о том, что УЗ на два порядка ускоряет стадию растворения растворимых веществ, в 10—30 раз — трудно и медленно растворимых препаратов, в 3—5 раз — малорастворимых.

С помощью УЗ при обычной температуре 0–25 С увеличивается предел растворимости в диапазоне трудно и практически нерастворимых веществ, причем концентрация насыщения может превышать известные константы в 5—30 раз.

Выводы УЗ позволяет получить более стойкие эмульсии по сравнению с механическим диспергированием. Частотные колебания позволяют получать эмульсии с широким диапазоном дисперсности эмульгируемых частиц из жидкостей и веществ, которые не поддаются эмульгированию. УЗ, действуя на ткани, вызывает в них биологические изменения.

Список использованных источников

1. Буц В. А. Изменение иммуногенности клеток и супернатанта под воздействием ультразвука / В. А. Буц, К. П. Скибенко // Биофизика. - 1991. - Т. 36. - Вып. № 5. - С. 263-265.
2. Сорока С. А. Влияние акустических колебаний на биологические объекты / С. А. Сорока // Вибрация в технике и технологиях. - 2005. - № 1. - С. 39-41.
3. Филоненко Е. А. Моделирование тепловых процессов в биологических тканях при воздействии сфокусированным ультразвуком / Е. А. Филоненко, В. А. Хохлова // Вестник Московского университета. - Серия 3 - физика, астрономия. - 1999. - № 6. - С. 29-30.
4. Хмелев В. Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве: научная монография / В. Н. Хмелев, О. В. Попова. - Барнаул: АлтГТУ, 1997. - 160 с.

Анотація

ДІЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛІВАНЬ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Піротті Є. Л.

Досліджена дія ультразвукових коливань на фізико-хімічні характеристики біологічного об'єкту.

Abstract

ACTION ULTRAZVUKOVYH FLUCTUATIONS IN BIOLOGIESKIE OBJECTS

E. PIROTTI

The effect of ultrasonic vibrations on the physico-chemical characteristics of biological object.