АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XIII 1967 Вып. 3

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.00

О ВОЗМОЖНОМ МЕХАНИЗМЕ ЗВУЧАНИЯ ПЕСКОВ

В. И. Арабаджи

В ряде случаев при смещении поверхностного слоя сухого песка в естественных условиях (благодаря воздействию человека или животных, а также при образовании ветровых осыпей) возникает звучание низкой тональности, напоминающее завывание со скрипом, с частотой максимума вблизи 100 *гц*. До сих пор это явление не имело объяснения [1].

На наш взгляд, возникновение звука в этом случае происходит вследствие образования под поверхностным слоем песка более жесткой песчаной структуры, состоящей из регулярно повторяющихся гребней и впадин с приблизительно плоским фронтом. Эти гребни и впадины напоминают песчаные «волны», которые образуются под влиянием ветра на свободной поверхности песка в естественных условиях. Верхний слой песка, перемещаясь вдоль нижней волнистой структуры, совершает колебания и порождает звук. При загребании такого песка рукой человек отчетливо воспринимает пальцами вибрацию верхнего песчаного слоя, перемещающегося по неровностям жесткой «подложки». Часть поверхностного слоя песка, прилежащая к более жесткой подложке, регулярно обтекает при перемещении ее гребни и впадины. Поэтому вблизи подложки песок будет совершать движение в условиях повышенного трения, что должно сопровождаться усиленной диссипацией энергии. Некоторая доля теряемой энергии переходит при этом в звуковую.

Рассмотрим ветровую песчаную осыпь, где перемещение песка происходит вдоль наклонной поверхности. Используя закон сохранения энергии, можно получить оценку увеличения трения при скольжении песка вдоль жесткой подложки. Для движения массы m со скоростью v по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту θ можно написать соотношение:

$$\frac{mv^2}{2} = \{\mu mg \cos\theta \pm mg \sin\theta\} S, \tag{1}$$

где μ — коэффициент трения, $mg\cos\theta$ — нормальное давление, $\pm mg\sin\theta$ — составляющая силы тяжести вдоль наклонной плоскости (отрицательный знак соответствует движению вниз по наклону, положительный — движению вверх), S — путь, проходимый массой песка, m, g — ускорение силы тяжести.

Если принять во внимание, что песок при движении вдоль волнообразной подложки регулярно опускается в углубления и выносится из них, формула (1) должна быть дополнена членом, характеризующим центробежную силу инерции

$$\frac{mv^2}{2} = \left\{\mu mg\left(\cos\theta + \frac{v^2}{rg}\right) \pm mg\sin\theta\right\} S, \tag{2}$$

где r — радиус кривизны впадин подложки.

Ограничиваясь малым θ, мы получаем из уравнения (2) выражение для эффективного коэффициента трения μ^* вблизи жесткой подложки

$$\mu^* = \mu\left(1 + \frac{v^2}{rg}\right). \tag{3}$$

Наблюдения показывают, что при ветровых осыпях, так же как и при загребании песка рукой, скорость движения песчаной массы составляет около 1 *м/сек*. Принимая для физической оценки радиус кривизны впадин на жесткой подложке в 2 *см*, из формулы (3) получим шестикратное увеличение трения при движении пограничного слоя песка по гребням и впадинам подложки.

Обозначим расстояние между соседними гребнями жесткой подложки через d. Тогда частота колебаний смещающейся со скоростью v по гребням и впадинам массы песка будет

$$\nu = v / d. \tag{4}$$

На основании формулы (3) скорость движения песка будет

$$v = \sqrt{rg\left(\frac{\mu^*}{\mu} - 1\right)} \tag{5}$$

и, следовательно,

$$\nu = \frac{\sqrt{rg\left(\frac{\mu^*}{\mu} - 1\right)}}{d}. \tag{6}$$

Если положить $d = 1$ *см*, $\mu^* / \mu = 6$ и $r = 2$ *см*, то частота звучания песка, перемещающегося по гребням и впадинам со скоростью $v \approx 1$ *м/сек*, будет равна ≈ 100 *гц*, что соответствует наблюдаемому в действительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Арабаджи. О звучании песков. Акуст. ж., 1966, 12, 1, 105—107.

Горьковский институт инженеров
водного транспорта

Поступило в редакцию
6 июня 1966 г.

УДК 534.008:66.084

О ВЛИЯНИИ СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Л. М. Бронская, В. С. Вигдерман, А. В. Сокольская, И. Е. Эльпинер

Ультразвуковые химические и биологические (распад клеток) эффекты преимущественно обусловлены кавитационными явлениями. Возникновение этих эффектов, по-видимому, связано с различными физическими процессами, протекающими в кавитационных пузырьках. Речь идет о появлении в кавитационном пузырьке активных в химическом отношении продуктов (ионов, возбужденных атомов и свободных радикалов), если озвучиванию подвергаются водные растворы в присутствии тех или иных газов (O_2, H_2 и Ar). В этих случаях наблюдаются реакции окисления, восстановления и т. п. Наряду с этим, захлопывание кавитационного пузырька сопровождается возникновением ударных волн, что может обусловить деполимеризацию полимеров и макромолекул (в различных растворителях) и разрыв бактериальных, животных и растительных клеток [1].

Нами получены данные, показывающие, что при определенных условиях удается затормозить возникновение ультразвуковых химических реакций, а биологические эффекты, связанные с проявлением механических сил (ударных волн), значительно усилить. Такие результаты нами были получены при наличии в озвучиваемой жидкости избыточного статического давления от 1 до 10 *атм*.

При экспериментах мы пользовались пьезокварцевым преобразователем с рабочей частотой 850 *кгц* при выходной акустической мощности 200 *вт*. Озвучивание производилось в специально сконструированной ультразвуковой камере, устанавливаемой на кварцевый преобразователь. Камера состояла из металлического корпуса, со смотровыми окнами и крышки. К внутренней стороне крышки был приварен змеевик для охлаждающей воды, который опускался в камеру с озвучиваемой жидкостью. Давление в камере создавалось сжатым газом из баллона с редуктором.

На фиг. 1 приведены данные о количестве формальдегида, образующегося при озвучивании водного раствора α-кетоглутаровой кислоты ($HOOC—CH_2—CH_2—\underset{\underset{O}{\|}}{C}—COOH$) под статическим давлением от 1 до 8 *атм* в течение 1 часа в присутствии Ar (*1*) и O_2 (*2*). Выбор для опытов этой кислоты был обусловлен тем, что, согласно предыдущим исследованиям, она сравнительно легко подвергается ультразвуковому окислению с образованием формальдегида [1, 2]. Обнаружение формальдегида осу-