

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

$$v = v / d. \quad (4)$$

На основании формулы (3) скорость движения песка будет

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

и, следовательно,

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

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 Ag). 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.

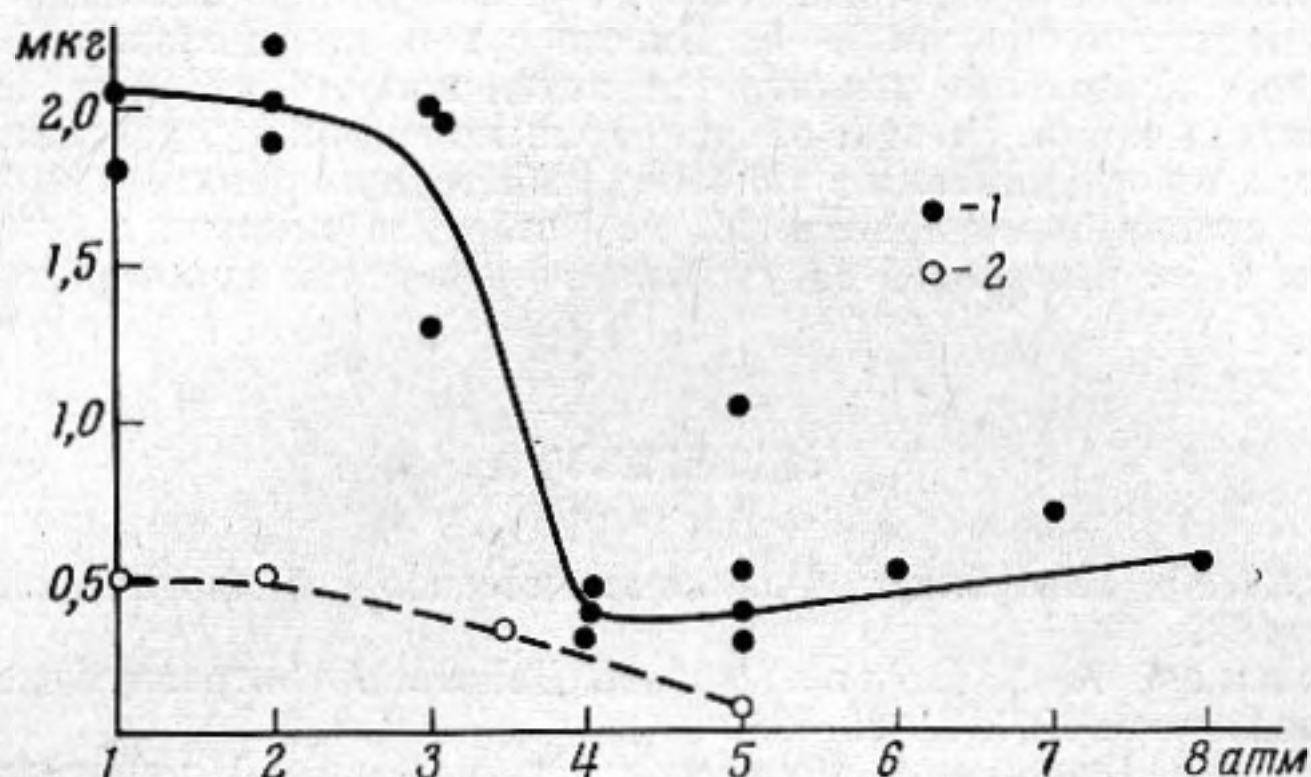
На фиг. 1 приведены данные о количестве формальдегида, образующегося при озвучивании водного раствора α -кетоглутаровой кислоты ($HOOC-CH_2-CH_2-C \begin{matrix} \parallel \\ O \end{matrix}$

$-COOH$) под статическим давлением от 1 до 8 атм в течение 1 часа в присутствии Ag (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-

ществлялось с помощью фенилгидразина в щелочном растворе $K_3(Fe(CN)_6)$. Количество формальдегида определялось спектрофотометрически при $\lambda - 5200 \text{ \AA}$.

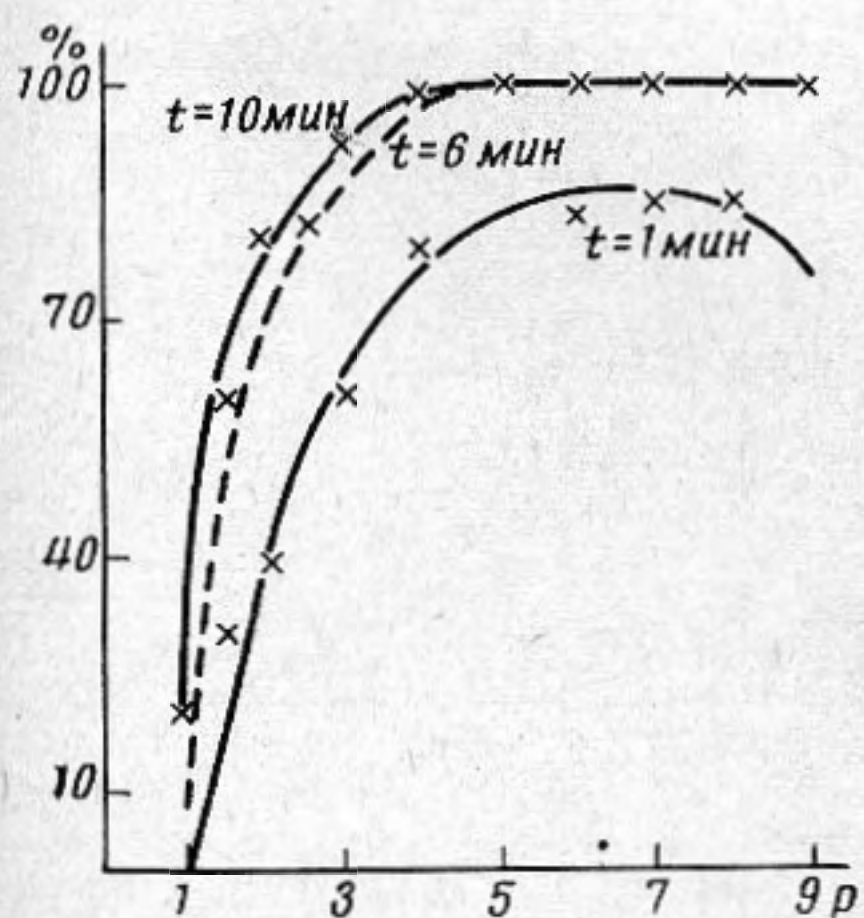
Озвучиванию подвергались 45 мл 1%-ного водного раствора α -кетоглутаровой кислоты при насыщении раствора аргоном или кислородом, те же газы использовались для создания давления в ультразвуковой камере. Как видно на фиг. 1 в присутствии аргона формальдегида образуется значительно больше, чем в присутствии кислорода. Кроме того, в последнем случае процесс образования формальдегида практически прекращается, когда статическое давление в камере достигает 3,5—4,0 атм.

В качестве биологического объекта была использована одноклеточная водоросль — *Chlorella pyrenoidosa* Princh T-82. Выращивание культуры хлореллы определенного штамма производилось в фотостате при круглосуточном освещении и при сохранении оптимальных условий аэрации и температуры.

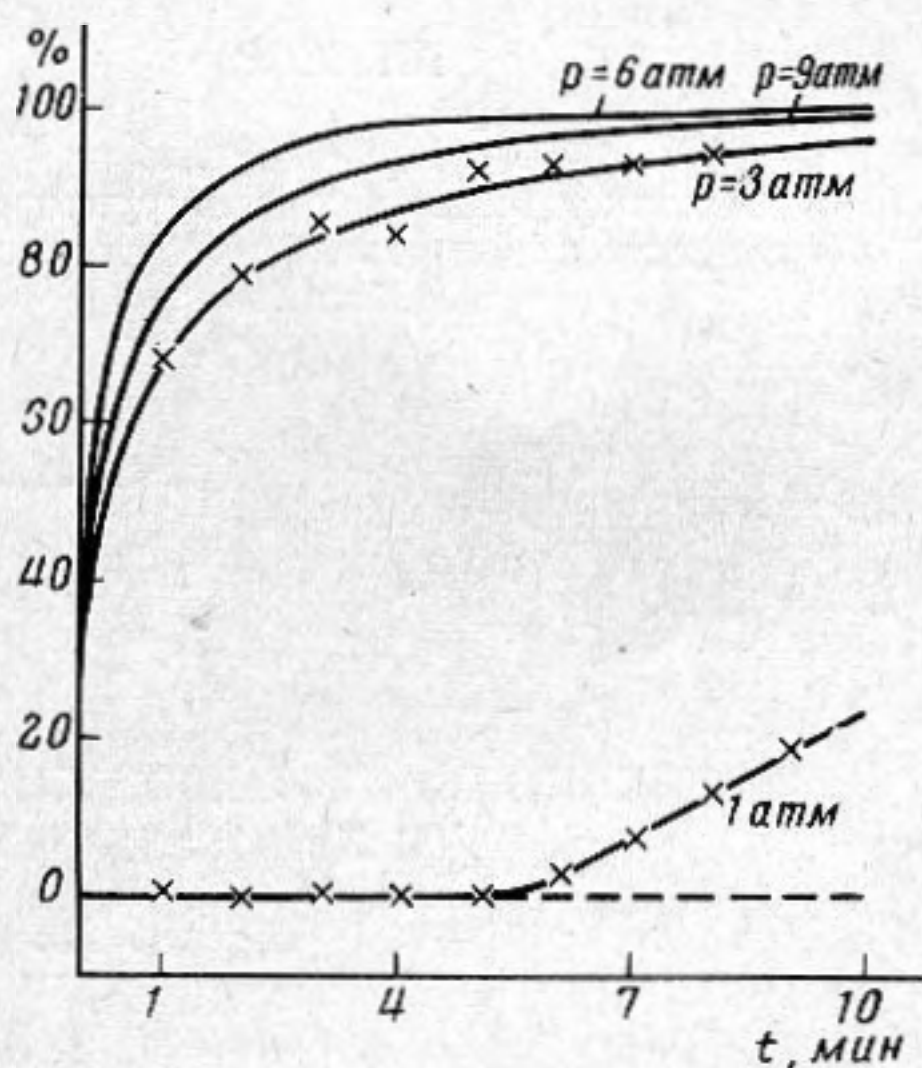


Фиг. 1

Озвучиванию подвергалась синхронная культура хлореллы в стадии автоспор. Озвученные автоспоры засеивались на твердую среду Томия и выращивались в течение 4-х суток при температуре 38° и освещении в 10000 люкс. Процент выживших клеток устанавливался путем подсчета количества развивающихся колоний.



Фиг. 2



Фиг. 3

На фиг. 2 приводится серия кривых, отражающих зависимость процента гибели клеток хлореллы от избыточного статического давления. Оказалось, что количество разорванных клеток резко возрастает с увеличением избыточного статического давления до 4 атм. При таком давлении гибель клеток достигает почти 100%, если озвучивание производится в течение 6 мин. Тот же эффект наблюдался при дальнейшем увеличении избыточного давления до 9 атм; более высоких давлений мы не при-

меняли. Велико количество погибших клеток и при озвучивании автоспор в течение 1 минуты. При этом максимальная гибель клеток (до 80%) обнаруживалась при избыточном давлении от 5—6 до 8 атм.

Представляет интерес, что при озвучивании автоспор под атмосферным давлением почти не удалось выявить гибели клеток даже при 6-минутной экспозиции (~10%); лишь через 10 мин озвучивания гибель клеток достигала 20% (фиг. 3).

Таким образом, гибель биологического объекта в поле ультразвуковых волн наблюдалась при таких условиях озвучивания, когда ультразвуковые химические эффекты вовсе не возникали.

Механизм рассмотренных явлений определяется в основном наличием газовых пузырьков в озвучиваемой среде. Есть основание думать, что подавление химических реакций при большом избыточном давлении связано с уменьшением содержания газов внутри кавитационной полости, которые участвуют в иницировании ультразвуковых химических процессов [3—5]. Вместе с тем, при меньшем содержании газов в кавитационной полости усиливается интенсивность ударных волн, возникающих при ее захлопывании. Этим и объясняется, по-видимому, усиление распада клеток хлореллы при их озвучивании в условиях избыточного давления.

Авторы выражают благодарность М. А. Погеру за исключительное внимание к нашей работе и С. А. Смирновой за участие в проведении некоторых опытов.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Е. Эльпинер. Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. М., Физматгиз, 1963.
2. И. Е. Эльпинер, А. В. Сокольская. Действие ультразвуковых волн на углеводы. Биофизика, 1957, 2, 225—230.
3. М. Г. Сиротюк. Протекание процессов ультразвуковой кавитации при повышенных гидростатических давлениях. Акуст. ж., 1966, 12, 2, 231—234.
4. Б. А. Агранат, В. И. Башкиров, Ю. И. Китайгородский. Использование избыточного статического давления для управления процессом ультразвуковой кавитации. Ультразвук. техн., 1966, 1, 3—14.
5. Б. А. Агранат, В. И. Башкиров, Ю. И. Китайгородский. Способ повышения эффективности воздействия ультразвука на процессы, протекающие в жидкостях. Ультразвук. техн., 1964, 3, 28—35.

Институт биологической физики
АН СССР

Поступило в редакцию
1 апреля 1966 г.

Всесоюзный н.-и.
и экспериментально-конструкторский
институт продовольственного машиностроения
Москва

УДК 534.28

УСИЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН И ШУМОВ В КРИСТАЛЛЕ CdS НА ЧАСТОТЕ 87 Мгц

В. И. Васькова

Экспериментально исследовано на частоте 87 Мгц усиление ультразвуковых волн и соотношение сигнал — шум в кристалле CdS с темновой проводимостью $\sim 10^{-7}$ ом⁻¹см⁻¹, подвижностью электронов ~ 200 см²/в·сек и размером вдоль направления распространения звуковой волны — 0,6 см. Схема эксперимента была аналогична описанной в работе [1]; преобразователями являлись кварцевые пластинки Y-среза с резонансной частотой 30 Мгц, работающие на третьей гармонике. На кристалл подавались импульсы постоянного «тянущего» электрического поля длительностью 5 мксек с частотой следования 60 гц при напряжении $100 \div 4000$ в.

На фиг. 1 представлена зависимость коэффициента усиления ультразвуковых волн $\alpha = 20 \lg A / A_0$ от напряженности постоянного электрического поля E в кри-