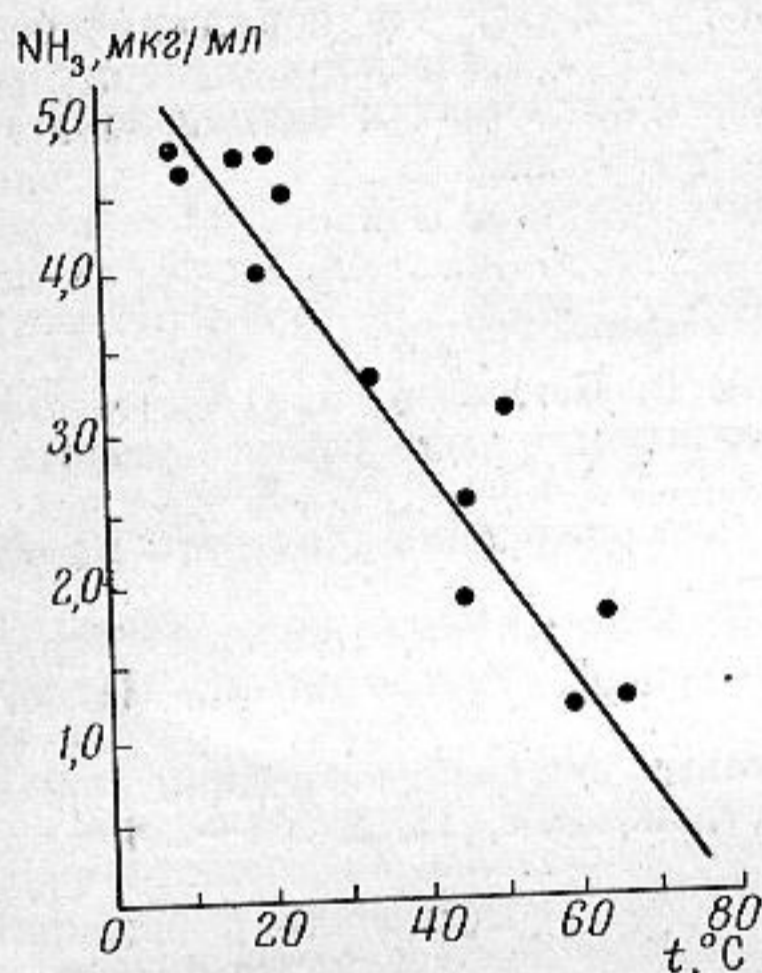


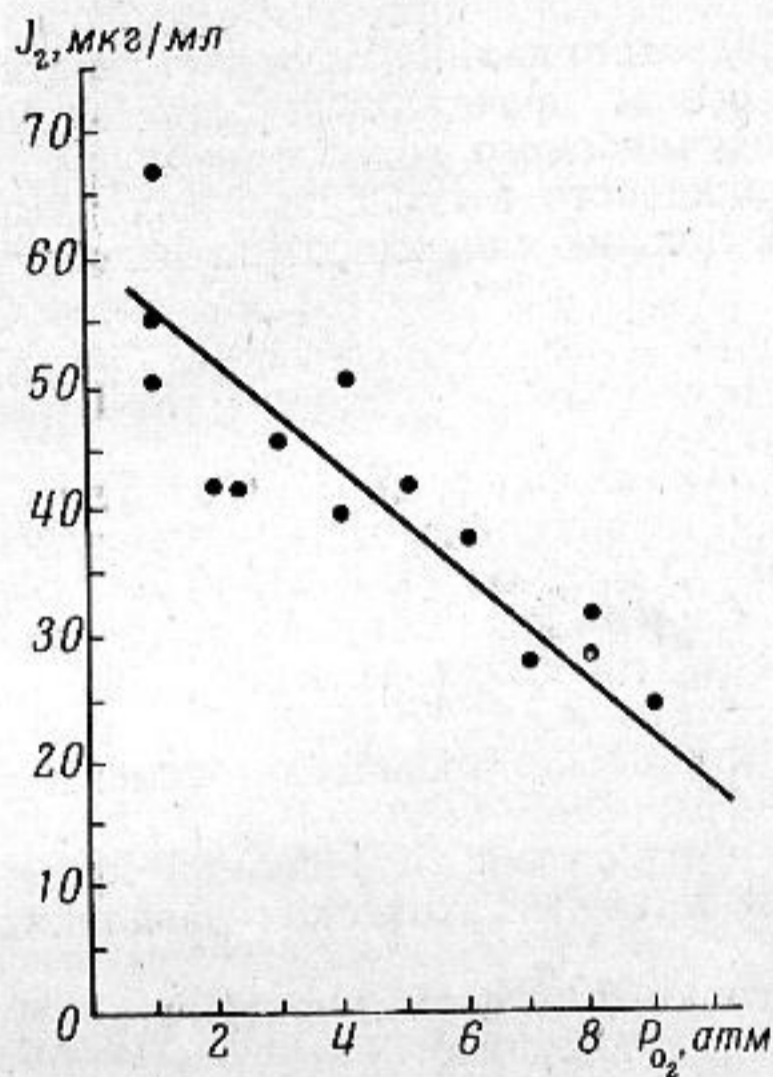
## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ В ПОЛЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН

А. В. Сокольская, И. Е. Эльпинер

В ультразвуковом поле в водных растворах осуществлены разнообразные химические реакции: синтез синильной кислоты, формальдегида, аммиака, аминокислот, пептидов, имидазола, ангидридов аминокислот [1]. Важнейшей задачей является создание условий, которые обеспечили бы интенсификацию этих реакций. Ниже мы приводим экспериментальные данные, показывающие, что существенное значение на скорость химических реакций в ультразвуковом поле имеют температура озвучиваемой жидкости и статическое давление.



Фиг. 1



Фиг. 2

Определялась температурная зависимость синтеза аммиака из молекулярного азота и водорода в водном растворе. Озвучивание раствора проводилось в герметически закрытом сосуде при объеме жидкости 15 мл. Продолжительность озвучивания составляла 60 мин, частота 750 кгц, интенсивность 10—12 вт/см<sup>2</sup>. Содержание аммиака определялось при использовании реактива Несслера на фотоколориметре ФЭК-М с синим светофильтром.

Как видно на фиг. 1, при понижении температуры озвучиваемой жидкости на 50° С (с 60 до 10° С), количество синтезируемого аммиака увеличивается почти в 4 раза. Принято считать, что все первичные ультразвуковые химические реакции осуществляются в газовой фазе. В обычных условиях, без воздействия ультразвука, наилучшими условиями синтеза аммиака в газовой фазе является температура около 200° С. В случае ультразвуковых химических реакций, возникают свои закономерности, свои особенности реакций. Эти особенности объясняются тем, что первичные химические процессы в ультразвуковом поле определяются возникновением в жидкости кавитации. Поэтому влияние температуры жидкости на скорость реакции нужно прежде всего рассматривать как влияние температуры на возникновение кавитации. Отметим, что эрозийное действие ультразвука также уменьшается с повышением температуры [2].

При изменении температуры раствора изменяется соотношение между содержанием газов и пара ( $\text{H}_2\text{O}$ ) в кавитационном пузырьке. Растворимость газов ( $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ) при понижении температуры от 60 до 10° С увеличивается приблизительно в 2 раза ( $\text{N}_2$  от 8 до 18 мл в дм<sup>3</sup>;  $\text{H}_2$  от 12 до 19 мл в дм<sup>3</sup>;  $\text{O}_2$  от 9 до 38 мл в дм<sup>3</sup>); в то же время упругость водяного пара уменьшается в 14 раз (с 140 мм Hg до 9 мм Hg при 60° и 10° С соответственно). Поэтому содержание газа в полости становится меньше в 2 раза, а содержание пара уменьшается в 14 раз. Таким образом, хотя число кавитационных зародышей при понижении температуры уменьшается [3], увеличение скорости синтеза аммиака происходит, по-видимому, вследствие большого содержания газа в пузырьках (см. также работу [2]).

Влияние гидростатического давления на химические процессы в ультразвуковом поле мы исследовали путем озвучивания водного раствора иодистого калия в присутствии кислорода. Было установлено, что при увеличении давления в 10 раз количество образующегося йода уменьшается в два раза. Озвучивание 120 мл 5% водного КИ проводили в герметически закрытом металлическом сосуде. Продолжительность озвучивания составляла 10 мин, частота 800 кГц при интенсивности 20 Вт/см<sup>2</sup> (фиг. 2). Содержание выделенного при озвучивании йода определялось в фотоколориметре ФЭК-М с синим светофильтром.

Влияние статического давления на химические реакции в поле ультразвуковых волн нужно также рассматривать прежде всего как воздействие давления на образование кавитационных пузырьков. Число кавитационных пузырьков в жидкости под воздействием ультразвука при увеличении статического давления существенно уменьшается [3]. Напомним, что с увеличением давления идет рост эрозии (вплоть до 10 атм) [3, 4]. Это происходит вследствие увеличения интенсивности ударных волн при захлопывании кавитационных пузырьков с меньшим газосодержанием. Яркость люминесценции при этом падает [4].

Можно предположить, что уменьшение содержания газа в кавитационных пузырьках с увеличением статического давления ведет к уменьшению скорости окисления иодистого калия (см. также работы [2, 4]).

На основе проведенных нами опытов можно сказать, что понижение температуры озвучиваемого водного раствора и понижение статического давления озвучиваемой жидкости в исследованных нами реакциях приводят к одинаковому эффекту — увеличению скорости химической реакции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. Е. Эльпинер, А. В. Сокольская, А. В. Колочева. О синтезе пептидов, гетероциклических соединений и аминокислот в поле ультразвуковых волн. ДАН СССР, 1968, 181, 3, 737—740.
2. М. Г. Сиротюк. Влияние температуры и газосодержания жидкости на кавитационные процессы. Акуст. ж., 1966, 12, 1, 87—92.
3. Б. А. Агранат, В. И. Башкиров, Ю. И. Китайгородский. Ультразвуковая очистка. Физические основы ультразвуковой технологии. М., Наука, 1970, 166—252.
4. М. Г. Сиротюк. Протекание процессов ультразвуковой кавитации при повышенных гидростатических давлениях. Акуст. ж., 1966, 12, 2, 231—238.

Институт химической физики,  
Москва

Поступила в редакцию  
1 марта 1971 г.