

ФИЗИОЛОГИЯ

Л. К. ЛОЗИНА-ЛОЗИНСКИЙ и М. А. ХЕНОХ

**РЕАКЦИЯ ПАРАМЕЦИЙ НА НЕКОТОРЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ
СОЕДИНЕНИЯ, ПОДВЕРГАВШИЕСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ
УЛЬТРАЗВУКА И УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ ЛУЧЕЙ**

(Представлено академиком Л. А. Орбели 16 X 1950)

Органические соединения под влиянием ультрафиолетовых лучей⁽¹⁾ и радиоактивного излучения⁽²⁻⁴⁾ испытывают глубокие химические изменения. Ультразвуковые колебания (узк) оказывают в этом отношении еще большее действие. Под влиянием ультразвука различные вещества в водных растворах подвергаются окислительному распаду. Так, в растворах агар-агара и крахмала, наряду с падением вязкости и увеличением восстановительной способности, происходит образование кислот. Крахмал при этом распадается до декстринообразных продуктов и отщепляет формальдегид⁽⁵⁾. Под влиянием узк наблюдается расщепление белков, например гемоцианина и различных вирусов^(6, 7).

Ультразвуковые колебания при воздействии на живые организмы вызывают летальный эффект⁽⁸⁾, а в некоторых случаях стимулируют развитие⁽⁹⁾.

Различные виды излучений и ультразвуковые колебания могут воздействовать на организм в результате происходящих при этом химических изменений веществ, входящих в состав живого вещества, или путем изменения среды, окружающей организм. До сих пор, однако, остается неизвестным, какое действие оказывают на организм продукты распада углеводов и белков, возникшие при озвучивании.

С другой стороны, живые организмы, являясь чувствительными индикаторами на химические изменения среды, могут оказать существенную помощь в обнаружении и определении тех физико-химических процессов, которые происходят под влиянием облучения или озвучивания. В связи с этим в качестве объекта исследования нами были использованы инфузории *Paramecium caudatum*.

В настоящем сообщении приводятся данные, касающиеся действия на парameций некоторых органических веществ, озвученных ультразвуком и облученных ультрафиолетовыми лучами.

Опыты по озвучиванию проводились по ранее описанному методу⁽⁵⁾. Частота колебания пьезокварцевой пластинки была 425 кгц.

В качестве источника ультрафиолета (уф) использовалась кварцевая лампа ПРК-2. Во время облучения растворы (20—25 мл) в герметически закрытых кварцевых колбочках находились на расстоянии 30—35 см от источника излучения; температура растворов колебалась в пределах $45 \pm 2^\circ$.

После помещения парameций в растворы озвученных или облученных органических соединений, охлажденных до нормальной температуры, парameции быстро, иногда моментально, погибали. Это, однако,

зависело не только от смещения рН растворов в кислую область. Контрольные растворы не оказывали в течение длительного времени токсического действия.

Химическими анализами было показано, что в результате распада углеводов и белков под влиянием узк и уф возникают летучие продукты, которые, возможно, и оказывают биологическое действие. Поэтому дальнейшие опыты проводились путем изучения реакции парameций «на расстоянии».

Метод заключался в следующем. На предметное стекло с углублением помещалось 5 капель облученного или озвученного раствора, а над ним покровное стекло с висючей каплей, в которой находилось 20—25 парameций в нормальной для их жизни синтетической солевой среде, введенной в практику Л. К. Лозина-Лозинским (10). Для настоящих

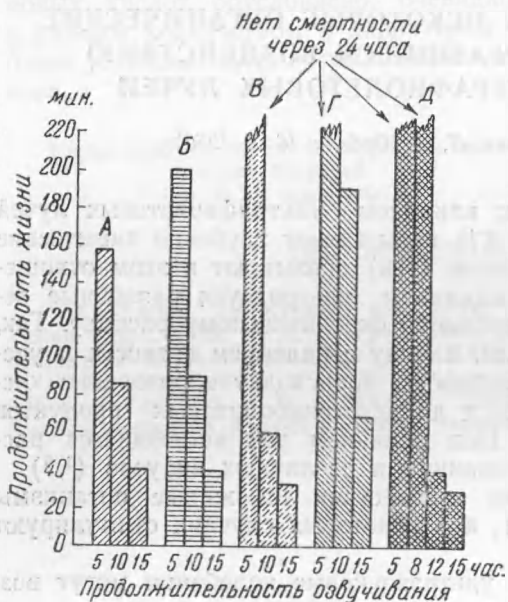


Рис. 1. А — мальтоза, Б — глюкоза, В — галактоза, Г — фруктоза, Д — крахмал

опытов из состава этой среды был исключен пептон и она состояла из следующих солей: NaCl 0,01%, KCl 0,001%, CaCl₂ 0,001%, MgSO₄ 0,001% и NaHCO₃ 0,002%. Опыты велись при температуре 20—22°. Парameции были получены от одной исходной особи, воспитывались в той же синтетической среде, кормом служили пивные дрожжи.

Озвученные агар-агар, таннин, сорбит, крахмал и другие углеводы вызывали летальный эффект или депрессию парameций на расстоянии. Летальное действие 0,1 М раствора глюкозы, галактозы, фруктозы, мальтозы и 0,5% раствора крахмала показано на рис. 1.

Скорость гибели парameций в висючей капле зависела от продолжительности озвучивания, но не всегда была ей пропорциональна. Длительность озвучивания, вызывающая пороговый летальный эффект, неодинакова для различных углеводов. Так, крахмал не токсичен после 8-часового воздействия узк, но после 10 час. действует сильнее, чем озвученные в течение того же срока моносахариды и мальтоза. Сорбит действует так же, как и крахмал. Очевидно, что глюкоза и мальтоза выделяют либо различные токсические летучие продукты, либо большее их количество при меньшем времени воздействия узк по сравнению с крахмалом и сорбитом. Еще труднее расщепляются макромолекулы таннина и агар-агара. Агар-агар становится сильно токсичным лишь после 23-часового озвучивания, убивая всех парameций на расстоянии через 57 мин. Таннин после 10 час. озвучивания вызывает гибель через 3—4 часа, а после 15 час. — через 2 часа — 2 часа 25 мин.

Нами было обнаружено, что различные облученные вещества оказывают неодинаковое влияние на парameций на свету и в темноте. Опыты, поставленные с озвученными веществами, подтверждают эти данные (см. табл. 1 и 2).

Из табл. 1 видно, что озвученные сорбит, мальтоза и фруктоза значительно ускоряют гибель парameций «на расстоянии» при дневном

Таблица 1

Токсическое действие озвученных веществ на дневном свете и в темноте

Вещество	Продолжительность озвучивания в часах	Время наступления 100% смертности в мин.	
		на рассеянном дневном свете	в темноте
Фруктоза	15	68	165
Мальтоза	15	40—50	105
Сорбит	15	30	50
Агар-агар	23	57	57
Танин	10	240	180

освещении. Агар-агар действует одинаково на свету и в темноте, а танин сильнее в темноте.

Влияние освещения на скорость наступления смерти парameций над веществами, облученными ультрафиолетом, показано в табл. 2.

Таблица 2

Токсическое действие облученных уф веществ на дневном свете и в темноте

Вещество	Продолжительность облучения в часах	Смертность	
		на рассеянном дневном свете	в темноте
Глюкоза	35	100% через 25 мин.	0% через 120 мин.
Агар-агар	137	0% " 24 часа	100% " 300 "
Глицин	20	25% " 180 мин.	0% " 24 часа
"	50	55% " 110 "	45% " 24 "
"	100	100% " 240 "	0% " 300 мин.

Из табл. 2 следует, что облученные глюкоза и глицин значительно токсичнее при рассеянном дневном освещении, чем в темноте, тогда как агар-агар сильнее действует в темноте. При более ярком освещении фотодинамическое действие озвученных и облученных моно- и дисахаридов еще сильнее: смерть парameций наступает через несколько секунд. В висячих каплях с парameциями, в тех же условиях, над теми же, но контрольными растворами ни гибели, ни депрессии не наблюдалось.

Состояние и поведение парameций над озвученными или облученными агар-агаром и танином иное, чем над глюкозой, мальтозой, фруктозой и сорбитом, что видно из следующего сравнения.

В висячей капле над озвученным агар-агаром и танином

1. Парameции прикрепляются на периферии капли
2. Теряют подвижность
3. Гибель наступает постепенно
4. Умирание не зависит от освещения или наступает быстрее в темноте

В висячей капле над озвученными глюкозой, мальтозой, фруктозой и сорбитом

1. Постепенно сосредоточиваются в центре капли
2. Быстро плавают до самой смерти
3. Умирание происходит одновременно у всех особей в течение нескольких секунд или 2—3 мин.
4. Умирание значительно быстрее на свету

Неоднородность реакций парameций указывает на то, что в органических соединениях под влиянием ультразвука и облучения уф возни-

кают различные продукты распада, но характер воздействия узк и уф на одно и то же вещество сходен. Для получения одинакового биологического эффекта, однако, требуется различное время воздействия озвучивания или облучения.

Нами было обнаружено, что при воздействии узк на моносахариды образуется формальдегид в количестве 15 мг/л; но такая концентрация приготовленного раствора формальдегида вызывает летальный эффект у парameций в visyачей капле через более продолжительное время (через 3 часа), чем озвученная глюкоза, и притом действие паров формальдегида одинаково на свету и в темноте.

В результате дальнейшего процесса окисления углеводов под влиянием узк образуется муравьиная кислота. Поставленные опыты показали, что пары муравьиной кислоты над раствором, взятым в концентрации 0,033%, быстро убивают парameций и сильнее действуют на свету, чем в темноте. Очевидно, биологический эффект вызывается не одним каким-либо продуктом расщепления химических соединений, а комплексом образующихся летучих и нелетучих веществ. Под влиянием фотосенсибилизаторов, возникающих при озвучивании и облучении моно- и дисахаридов, катализируются окислительные процессы в клетке, которые и вызывают быстрое повреждение организма.

В озвученном или облученном агар-агаре и таннине токсически действующие продукты распада иные. Не исключено, что одним из них может быть окись углерода, влияющая на организм сильнее в темноте, чем на свету. Действие этих продуктов расщепления приводит к качественно иным изменениям в реакциях парameций и дает картину развивающегося наркоза.

Проведенные исследования дают возможность считать, что возникающие под влиянием озвучивания различных органических соединений продукты их распада оказывают действие на живой организм. В связи с этим можно предположить, что влияние узк на организм проявляется не только в механическом и тепловом воздействии, но также вследствие образующихся новых химических соединений в организме.

Естественно-научный институт
им. П. Ф. Лесгафта
Академии педагогических наук

Поступило
8 X 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. Ellis and A. A. Wells, The Chemical Action of Ultraviolet Rays, 1941.
² М. А. Хенох, ЖОХ, II, 776 (1941). ³ М. А. Хенох, ЖОХ, 17, 1024 (1947).
⁴ М. А. Хенох, Сообщ. о научн. работах чл. Всес. хим. об-ва им. Менделеева, 7, в. 2, (1949). ⁵ И. И. Жуков и М. А. Хенох, ДАН, 68, № 2 (1949). ⁶ L. Bergmann, Der Ultraschall, 1942. ⁷ С. С. Уразовский и И. Г. Полоцкий, Усп. хим., 8, 85 (1940). ⁸ И. Е. Эльпинер, Усп. совр. биол., 25, 82 (1948).
⁹ О. Истомина и Е. Островский, ДАН, 2, 157 (1936). ¹⁰ Л. К. Лозина-Лозинский, Изв. Научн. ин-та им. Лесгафта, 15 (1929).