

МИКРОБИОЛОГИЯ

Э. Я. ГРАЕВСКИЙ

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ УСЛОВИЙ НА ПОВРЕЖДЕНИЕ  
УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМИ ЛУЧАМИ КЛЕТОК  
КИШЕЧНОЙ ПАЛОЧКИ (BACTERIUM COLI COMMUNE)**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 25 II 1950)

Попытки воздействовать температурным фактором на эффект освещения ультрафиолетовым и ионизирующими излучениями неоднократно предпринимались многими исследователями на разнообразных растительных и животных объектах. Литература, посвященная этому вопросу, крайне противоречива. Наряду с данными, говорящими об увеличении радиочувствительности с повышением температуры, имеются сведения о противоположном эффекте или сведения, вообще отрицающие влияние этого фактора на облучение. По данным некоторых авторов, минимум радиочувствительности совпадает с температурным оптимумом.

Разноречивость литературных данных обусловлена, повидимому, не только разнообразием объектов и различиями методического характера, но и комплексностью изменений, возникающих в живом веществе в результате воздействия лучистой энергии. Вероятно, разные компоненты этого комплекса обнаруживают различную зависимость от температуры. Эти компоненты удалось выявить Александрову в опытах с инфузориями.

Первичные изменения, возникающие в живой системе в связи с поглощением квантов излучения, лишь в слабой степени зависят от температуры. Некоторое ослабление эффекта облучения, наблюдаемое при снижении температуры, в этом случае обусловлено, повидимому, уменьшением энергии внутримолекулярных колебаний, выражаящемся в сужении полос поглощения вещества <sup>(1)</sup>. Дальнейшее превращение продуктов первичного элементарного процесса при взаимодействии их с молекулами других веществ или между собой и вовлечение этих продуктов в метаболические процессы обусловливает развитие и биологическое проявление нарушений, возникших в поврежденной системе. Этот процесс, так же как и репарационные процессы в клетке, сильно, хотя, быть может, и в разной степени, зависит от температуры <sup>(2, 3)</sup>. Поэтому, если воздействие температурой на элементарный фотохимический процесс представляется практически неэффективным, то допустима возможность температурных влияний на процессы, определяющие развитие повреждения, вызванного облучением, и репарацию в клетке.

В связи с этим я пытался повлиять на эффект облучения, воздействуя на клетку разными температурами в момент освещения и после освещения. Объектом исследования служила кишечная палочка (*Bacterium coli* коммуне). Критерием степени повреждения бактерий являлись различия в их способности к размножению. Источником облучения служила ртутно-кварцевая лампа АРК-2. Расстояние между объектом и горелкой лампы равнялось 1 м при напряжении на клеммах

лампы в 70 в. В опытах с воздействием разных температур во время облучения суточные культуры кишечной палочки, выращенные на мясопептонном агаре при температуре 37°, разводились глюкозо-пептонной средой или физиологическим раствором. Капли объемом 0,01 мл, содержащие по 1 млн. бактерий, наносились на тонкие пластинки слюды и затем подвергались облучению в течение 3—30 мин. при температурах 0, 15, 37 и 41°. Контролем служили такие же капли с бактериальной взвесью, содержащиеся при тех же температурах, но необлученные. После окончания освещения облученные и контрольные капли смывались в пробирки с одинаковым количеством физиологического раствора, из которых затем

производился высев равных количеств материала на агаровую среду (Эндо) в чашки Петри. Колонии бактерий, выросшие за сутки при температуре 37°, подсчитывались на контрольных и опытных чашках. Затем для каждой серии полученных данных вычислялись средние числа колоний, выраставших в контроле и после облучения, и числа колоний в чашках с материалом, облученным при определенной температуре, выражались в процентах по отношению к контролю, содержавшемуся при той же температуре.

## Суммарные результаты из 8 серий опытов

(220 опытов) представлены графически на рис. 1. Кривые показывают зависимость количества бактерий от сроков облучения при разной температуре.

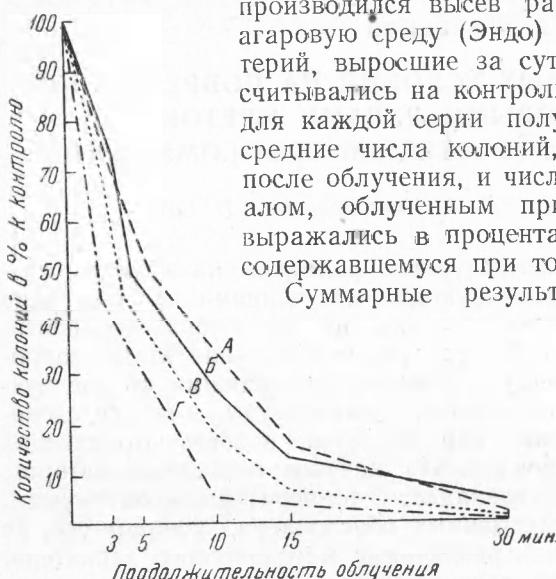


Рис. 1. Зависимость степени повреждения бактерий от сроков облучения при разных температурах. Результаты облучения при температуре:  $A - 15^\circ$ ,  $B - 0^\circ$ ,  $C - 37^\circ$ ,  $D - 41^\circ$

физиологический раствор, откуда равные количества материала высевались на ту же агаровую среду в чашки Петри. Последние помещались в холодильник при  $7^{\circ}$  и оттуда, через определенные сроки, часть чашек с облученным и контрольным материалом переносилась в термостат с температурой  $37^{\circ}$ . Через сутки подсчитывались колонии бактерий, выросших на этих чашках. Таким путем прослеживались изменения в численности освещенных и неосвещенных бактерий, содержавшихся при значительно уклоняющейся от оптимума температуре  $7^{\circ}$ . Результаты 4 серий опытов (52 опыта) представлены на рис. 2. Кривые отображают суммарный результат всех наблюдений и показывают снижение численности облученных и контрольных бактерий, содержавшихся при  $7^{\circ}$ , со временем.

Анализ полученных данных показывает, что температура в момент облучения существенно влияет на выживаемость бактерий. Наибольшая стойкость организмов обнаруживается при температуре 15 и 0°, тогда как при температуре 37°, являющейся температурой культивирования бактерий, и в еще большей степени при температуре 41° величина повреждения бактерий заметно возрастает. Так, гибель 50% клеток при 41° достигается облучением в течение 2 мин. 36 сек., при 37° — 4 мин. 12 сек., при 0° 50% организмов погибает в течение 4 мин. 48 сек. и, наконец, при 15° этот эффект достигается увеличением срока облучения до 6 мин. 12 сек.

Длительное воздействие пониженной температуры ( $7^{\circ}$ ) после облучения выявляет резкие различия в чувствительности к нему облученных и необлученных бактерий. Бактерии, содержащиеся при этой температуре, постепенно отмирают, однако освещенные клетки погибают значительно раньше необлученных. При этом увеличение дозы освещения ускоряет гибель клеток. Так, в случае неосвещенных клеток 50% их исходного числа погибает, в среднем, в течение 5 суток (120 час.), тогда как для бактерий, облученных в течение 5 мин., этот срок сокращается до 54 час., а для организмов, облученных в течение 15 мин., до 30 час.

Аналогичные опыты, поставленные с инфузориями (*Ragamiaesium caudatum*), показали, что 5-минутное облучение ультрафиолетовым светом, не вызывающее гибели инфузорий, культивируемых при температуре  $22^{\circ}$ , в течение 7 суток приводит к смерти инфузорий, содержащихся после освещения при пониженной температуре ( $7^{\circ}$ ); вместе с тем необлученные инфузории при температуре  $7^{\circ}$  могут существовать неопределенно долго. Таким образом, облучение бактерий и парамеций ультрафиолетовым светом сенсибилизирует их к пониженным температурам.

Действие ультрафиолетового излучения на бактериальные клетки оказывается наиболее слабым при  $15^{\circ}$ ; существенные отклонения от этой температуры как в сторону ее понижения, так особенно в сторону повышения (несмотря на то, что температура  $37^{\circ}$  является той температурой, при которой бактерии культивируются) усиливают повреждаемость организмов. С другой стороны, продолжительное пребывание освещенных бактерий при пониженной температуре ( $7^{\circ}$ ) оказывается для них значительно более неблагоприятным, чем для необлученных. Эти обстоятельства позволяют предположить, что температуры  $15$  и  $0^{\circ}$  оказывают тормозящее влияние на процессы развития и проявления нарушений, возникших под влиянием облучения, что благоприятно сказывается на поврежденной системе и выражается в ослаблении эффекта облучения. Однако температура  $0^{\circ}$ , не вызывающая пагубных последствий у необлученных клеток, для клеток, ослабленных освещением, может оказаться добавочным повреждающим моментом. Этим можно объяснить тот факт, что облучение при  $0^{\circ}$  дает несколько более сильный эффект, чем облучение при  $15^{\circ}$ . При температурах же  $37^{\circ}$  и особенно  $41^{\circ}$  ускоренно текущие процессы, развивающие повреждение, снижают жизнеспособность бактерий и тем самым усугубляют эффект облучения. Более быстрое по сравнению с контролем отмирание облученных бактерий и парамеций, содержащихся после освещения при пониженной температуре ( $7^{\circ}$ ), быть может, объясняется неблагоприятными условиями, создаваемыми этой температурой для репарационных процессов.

Результаты настоящего исследования показывают, что снижение температуры во время освещения, тормозящее деструктивное последствие облучения, является благоприятным для живой системы, ослабляющим его эффект. С другой стороны, воздействие пониженной температурой после освещения, ухудшая условия репарации живой системы, усугуб-

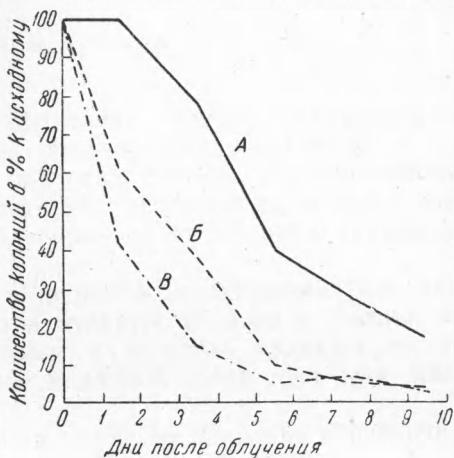


Рис. 2. Отмирание необлученных (A), облученных в течение 5 мин. (Б) и 15 мин. (В) бактерий, содержащихся после освещения при температуре  $7^{\circ}$

ляет его. Это противоречивое влияние изменения температурных условий на повреждающее действие лучей необходимо учитывать в работах, ставящих своей целью путем комбинированного применения температурного и лучевого воздействия повысить эффективность лучевой терапии.

Центральный рентгеновский,  
радиологический и раковый институт  
Министерства здравоохранения СССР  
Ленинград

Поступило  
25 II 1950

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Э. Я. Граевский, ДАН, 53, № 9 (1946). <sup>2</sup> Э. Я. Граевский, Природа 11 (1947). <sup>3</sup> Э. Я. Граевский, Усп. совр. биол., 25, 2 (1948).