

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Болгарская Академия наук  
ООО «Научно исследовательское предприятие «Лазерные технологии»

# **ИННОВАТИКА-2019**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XV Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
25–27 апреля 2019 г.  
г. Томск, Россия**

*Под редакцией А.Н. Солдатов, С.Л. Минькова*

Scientific & Technical Translations



**ИЗДАТЕЛЬСТВО**

**Томск – 2019**

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ КЛЕТКИ

Я.А. Лоева

*Национальный исследовательский Томский государственный университет  
yana\_loeva@mail.ru*

### INFLUENCE OF LASER RADIATION ON BIOLOGICAL CELLS

Ya.A. Loeva

*National Research Tomsk State University*

*The article describes the types of effects of laser radiation on biological cells. There are two main effects of laser radiation on cells - biological and thermal. Biological effects lead to minimal cell load and activate physiological processes. Thermal exposure leads to significant heating of the biological environment and leads to irreversible changes.*

*Keywords: laser, biological cell, thermal influence, biological influence, physiological processes, ablation, coagulation*

Современные лазерные системы прочно обосновались во многих сферах жизнедеятельности общества. Они нашли широкое применение в науке и технике, биологических исследованиях и в практической медицине: хирургии, терапии, функциональной диагностике и во многих других областях.

Воздействие лазерного излучения на живые ткани очень разнообразно и в большей степени зависит от интенсивности излучения и длительности воздействия, а также от длины волны излучения, плотности мощности, плотности энергии и от некоторых других параметров.

Лазеры, используемые в медицинских целях, подразделяются на хирургические (мощные) и терапевтические (маломощные). В лазерной терапии активно применяется низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ), так как было выявлено, что оно обладает ярко выраженным терапевтическим действием таким, как улучшение микроциркуляции ткани, стимуляция восстановительных процессов, нормализация общего иммунитета, повышение устойчивости организма [1].

Кроме того, было установлено, что лазерное излучение может приводить к структурным и другим изменениям биологических сред. Таким образом, выделяют следующие виды лазерного воздействия (рис. 1). Помимо представленных на рисунке воздействий, существует также

электромагнитное воздействие. Оно не берется в расчет, так как ничтожно мало.

Термическое воздействие	Механическое воздействие	Биологическое воздействие
<ul style="list-style-type: none"><li>• Возникает в результате поглощения клетками световой энергии лазерного излучения</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Основывается на давлении света в результате потока фотонов на облучаемый объект</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Вызывается НИЛИ и приводит к изменению параметров клеток, их структурных единиц</li></ul>

Рис. 1. Виды лазерного воздействия на биологические клетки

Рассмотрим термическое и биологическое воздействие лазерного излучения на живые клетки, так как они представляют наибольший интерес.

**Термическое воздействие.** Современная лазерная техника позволяет получать очень короткие световые импульсы, следующие друг за другом с различными интервалами времени с излучением в инфракрасном, видимом и ультрафиолетовом диапазонах (от 260 до 1200 нм) и самой различной плотностью потока. В основе взаимодействия мощных лазеров с живой материей лежит прямой тепловой эффект — термическая деструкция вещества и клеток поглощаемой и диссипирующей в тепло световой энергией [2].

Прежде всего, термическое воздействие характерно для высокомошных лазерных систем. Высокоинтенсивные лазерные воздействия ( $8 \text{ Дж/см}^2$  и более) применяются в качестве лазерного скальпеля при эндovasкулярных и других хирургических вмешательствах, для локальной интерстициальной гипертермии в онкологии. Высокоинтенсивные лазерные воздействия приводят к изменениям физического состояния тканей, вызывая в них абляцию, коагуляцию и гипертермию [3].

**Биологическое воздействие.** Низкоинтенсивное лазерное излучение влияет на энергетический потенциал молекул, что отражается на кинетике биохимических процессов. Степень соответствия длины волны излучения максимуму поглощения определяет проницаемость тканей для

лазерного излучения. Биологические объекты весьма чувствительны к излучению лазеров низкой интенсивности.

Терапевтическое действие НИЛИ может быть вызвано термодинамическими реакциями при поглощении когерентного, монохроматического и поляризованного излучения внутриклеточными компонентами. Можно предположить, что при воздействии лазерного излучения возможен локальный нагрев акцепторов на десятки градусов, вследствие чего происходят значительные термодинамические изменения как в группе хромофоров непосредственно, так и в окружающих областях, что приводит к существенным изменениям свойств молекул. То есть, если малая ширина спектральной линии сравнима с полосой поглощения макромолекулы, то такое излучение вызовет колебание всех энергетических уровней и произойдет лишь слабый, на доли градуса, нагрев всей молекулы. Тогда как узкий спектр, характерный для лазерного излучения, вызовет локальный нагрев уже на десятки градусов, вся энергия лазера будет выделяться на небольшом локальном участке макромолекулы, вызывая термодинамические изменения, достаточные для запуска дальнейшего физиологического отклика.

Низкоинтенсивные лазерные воздействия ( $0,1-3,0 \text{ Дж/см}^2$ ) с успехом используются почти во всех областях медицины для коррекции нарушений иммунитета, улучшения реологических свойств крови и микроциркуляции, усиления процессов репарации. Биологическое действие низкоинтенсивных лазерных излучений связывают с изменениями в клетках концентрации цитозольного кальция, фосфолипидов мембран, а также с образованием активных форм кислорода [4].

Таким образом, можно выделить два основных воздействия лазерного излучения на биологические клетки – термическое и биологическое. Если биологическое возникает вследствие воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения и приводит к активации физиологических процессов, то термическое возникает вследствие воздействия высокоинтенсивного лазерного излучения и приводит к необратимым последствиям таким, как абляция, коагуляция и гипертермия.

## Литература

1. Богатырева В.В., Тарлыков В.А. / Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на живые клетки // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, №3(26), 2008

2. Лазерное излучение: биологическое действие и применение [Электронный ресурс]. – URL: [http://sci.sernam.ru/book\\_f\\_bio.php?id=99](http://sci.sernam.ru/book_f_bio.php?id=99) ) (дата обращения: 02.04.2019).

3. Двалишвили, М.Ю. Механизмы действия лазерного излучения средней интенсивности на ткани // Dissercat — электронная библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.dissercat.com/content/mekhanizmu-deistviya-lazernogo-izlucheniya-srednei-intensivnosti-na-tkani> (дата обращения: 05.04.2019).

4. Яковлев М.В., Батог К.А. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на клетки буккального эпителия // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 2.; URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=16891> (дата обращения: 09.04.2019).