

# Лазерное излучение

Электромагнитное лазерное  
излучение

Излучение оптических квантовых  
генераторов

# Классификация лазеров

- Классификация по физико-техническим параметрам (при этом учитывается агрегатное состояние активного рабочего вещества: твёрдое, жидкое, газообразное).
- Классификация по способу накачки активного вещества (оптический, электрический, химический и др.).
- Классификация по характеру генерации излучения (импульсного и непрерывного действия).

# Показатели, характеризующие лазерное излучение

- Мощность излучения
- Длительность импульса
  - Плотность энергии
    - Диаметр луча
- Длина волны излучения или его частота
- Частота повторения импульсов излучения

# Классификация лазерного излучения по биологическим эффектам

| №№ диапазонов | Длина волны излучения   | Биологический эффект                                                                             |
|---------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IA            | 100-315 нм              | Излучение поглощается роговицей глаза                                                            |
| IV            | 1400-10 <sup>6</sup> нм |                                                                                                  |
| II            | 315-400 нм              | Излучение поглощается хрусталиком глаза                                                          |
| IIIA          | 400-750 нм              | Излучение проходит через глазные среды и поглощается сетчаткой (IIIA – видимый диапазон спектра) |
| IIIV          | 750-1400 нм             |                                                                                                  |

# Формула для расчёта дозы лазерного излучения

$$A = \frac{P \times T}{C}, \text{ где:}$$

**A** – доза лазерного излучения,

**P** – мощность лазера, Вт;

**T** – время экспозиции, сек.;

**C** – площадь светового пятна нерасфокусированного луча лазера диаметром 4 мм, см<sup>2</sup>.

# Вид лазерного излучения, воздействующего на человека

- Зеркально отражённое излучение – наиболее опасное для органа зрения.
- Диффузно рассеянное излучение. На практике встречается значительно чаще. В зависимости от отражающих свойств обрабатываемого материала, мощности и режима работы лазера рассеянное излучение может превышать ПДУ для органа зрения.
- Прямое непосредственное воздействие лазерного луча на глаза или поверхность тела – бывает при грубых нарушениях правил техники безопасности.

# Сопутствующие неблагоприятные факторы, сопровожающие работу лазеров (I слайд)

- Импульсные световые вспышки (лампы накачки);
- Ультрафиолетовое излучение (лампы накачки, кварцевые газоразрядные трубки);
- Озон и оксиды азота;
- Ионизация воздуха при разряде импульсных ламп накачки;
- Шум (работа вспомогательных элементов лазерной установки, взаимодействие луча с обрабатываемыми материалами);
- Мягкое рентгеновское излучение;
- Электромагнитные поля радиочастот (ВЧ и УВЧ накачка);
- Агрессивные и токсические жидкости (активная среда, охлаждающие жидкости).

## Сопутствующие неблагоприятные факторы, сопровожающие работу лазеров (II слайд)

Загрязнение воздуха аэрозолями и газами (продукты деструкции обрабатываемых лазерным лучом материалов);

Высокотемпературная плазма, являющаяся источником кратковременного рентгеновского и нейтронного излучения. Возникает в результате взаимодействия особо мощного лазерного излучения с обрабатываемым веществом.



# Эффекты, лежащие в основе взаимодействия биологических систем и лазерного излучения

- Термический эффект;
- Ударный фотоэлектрический;
- Фотохимический эффект

Особую опасность  
представляет лазерное излучение  
для глаз,  
которые относительно прозрачны  
для излучения с длиной волны  
от 0,4 до 1,4 мкм,  
включающему в себя  
видимую и  
ближнюю инфракрасную  
области спектра.

В результате фокусирования  
световой энергии,  
падающей на роговую оболочку,  
энергетическая плотность её на сетчатке  
резко возрастает.

Особенно чувствителен к лазерному  
излучению  
пигментный эпителий сетчатки,  
разрушение которого может привести к  
потере зрения.

# Значение длительности импульса лазерного излучения

- Лазерное излучение с длительностью импульса  $<10^{-6}$  сек. Поглощается в основном на гранулах меланина. Т.о., тепловой источник сильно локализован в пространстве, то есть только на гранулах.
- При лазерном излучении  $>10^{-6}$  секунд выделение энергии более однородно вследствие распространения её за счёт теплопроводности.

# Биологическое действие лазерного излучения

## (I слайд)

- Высокая пролиферативная активность тканей после облучения.
- Ускорение синтеза РНК.
- Снижение уровня свободнорадикальных реакций.
- Положительная динамика основных симптомов гипертонической болезни.
- Положительные или отрицательные изменения ЭЭГ в зависимости от энергии и экспозиции излучения и состояния человека.
- Затруднения венозного оттока.
- Обострение хронических процессов.
- Повышение иммунной реактивности.

# Биологическое действие лазерного излучения

## (II слайд)

- Общая утомляемость
- Чувство тяжести и боли в глазах
- Головные боли
- Повышенная раздражительность и возбудимость
- Нарушения сна
- Лабильность сосудистых реакций
- Гипергидроз
- Повышение сухожильных и периостальных рефлексов
- В сетчатке – мелкие единичные точечные изменения
- Снижение световой и контрастной чувствительности
- Увеличение времени восстановления адаптации
- Изменение цветовой чувствительности

# Радиозащитное действие лазерного излучения

| Доза $\gamma$ -излучения   | Выживаемость животных | Срок гибели животных |
|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| 600 Р                      | 60%                   | 2 неделя             |
| 700 Р                      | 45%                   | 2 неделя             |
| 600 Р + лазерное облучение | 95%                   | 3 неделя             |
| 700 Р + лазерное облучение | 72%                   | 3 неделя             |

# Гигиеническая регламентация лазерного излучения

Существует 2 подхода:

-  По повреждающему действию излучения на среды глаза или кожу;
-  По тем функциональным изменениям, которые возникают в самом глазу либо в других органах и тканях организма под воздействием лазерного излучения.



# Основные принципы регламентации лазерного излучения (I слайд)

- В спектральных областях 100-315 и 1400-10<sup>6</sup> нм – по неблагоприятному действию на роговицу глаза.
- В области 315-400 нм – по неблагоприятному действию на хрусталик.
- 400-1400 нм при длительности импульса от 10<sup>-6</sup> сек. до 10 сек. – по тепловому действию излучения на сетчатку.
- 400-1400 нм при длительности импульса от 10<sup>-9</sup> сек. до 10<sup>-6</sup> сек. – по тепловому действию излучения на сетчатку, но с учётом локального выделения энергии на гранулах меланина сетчатки.

## Основные принципы регламентации лазерного излучения (II слайд)

- 700-1400 нм при длительности импульса  $>10$  сек. – по тепловому действию излучения на сетчатку глаза.
- 400-750 нм при экспозиции от 10 до 100 сек. – по тепловому и фотохимическому эффектам, проявляющимся в сетчатке глаза.
- 400-750 нм при экспозиции более 100 сек. Необходимо учитывать воздействие излучения не только на сетчатку глаза, но и на другие органы и системы организма.

# Санитарные нормативы лазерного излучения

- ГОСТ 50723-94 «Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий».
- ПДУ гелий-неонового лазера для экспозиции  $1,2 \times 10^{-1}$  сек. равен  $2 \times 10^{-3}$  Вт/см<sup>2</sup>.
- Максимальная плотность энергии, безопасная для кожи, равна 0,1 Дж/см<sup>2</sup>.
- И другие нормативы.