

## Разработка системы флуоресцентной визуализации

Суслова Евгения Дмитриевна

8 класс, МАОУ Афонинской СШ Нижнего Новгорода, Научное объединение «Школа юного исследователя» АНО ДО «Академ клуб», ИПФ РАН

Научный руководитель Шилягин Павел Андреевич, старший научный сотрудник ИПФ РАН

*Исследованы возможности применения флуоресцентных методов для целей медицинской диагностики, для чего будет разработана экспериментальная система флуоресцентной визуализации, произведена оценка её чувствительности при выполнении действующих санитарных норм. Произведены оценки параметров светодиодов. Зарегистрировано явление флуоресценции во время эксперимента. Обнаружено влияние ультрафиолета на здоровье человека. По полученным данным сделано предположение о том, что присутствие бактерий и иных микроорганизмов можно обнаружить при анализе флуоресценции на поверхности. Предположение подтверждено экспериментом по визуализации колонии плесени под УФ-излучением.*

Флуоресценция биологических молекул и соединений является удобным инструментом, позволяющим производить медицинскую диагностику и мониторинг отдельных процессов, происходящих в живом организме. Однако, несмотря на относительную идеологическую простоту подхода и доступность материальной базы, использование флуоресцентных методов диагностики до сих пор не получило широкого распространения. В этой работе мы исследуем возможность применения флуоресцентных методов для целей медицинской диагностики, для чего будет разработана экспериментальная система флуоресцентной визуализации, произведена оценка её чувствительности при выполнении действующих санитарных норм.

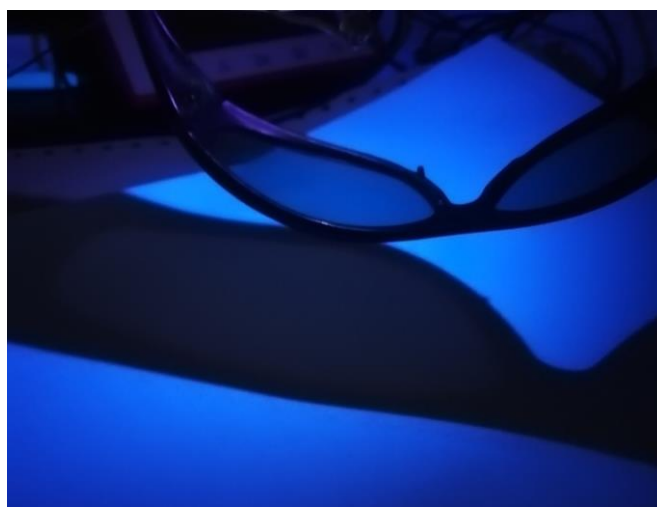
*Цель работы* - разработать систему флуоресцентной визуализации.

Ультрафиолетовые лучи обладают наибольшей биологической активностью. Важным свойством ультрафиолетовых лучей является их способность вызывать люминесценцию. *Ультрафиолетовое излучение* - не видимое глазом электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между видимым и рентгеновским излучениями в пределах длин волн от 400 до 10 нм.

Ультрафиолетовое излучение поглощается верхними слоями тканей растений, кожи человека или животных. При этом происходит химическое изменение молекул биополимеров. Малые дозы оказывают благотворное действие на организмы (например, способствуют образованию витаминов группы D). Большие дозы могут вызывать повреждение глаз и ожоги кожи.

Проведение экспериментов с ультрафиолетовым излучением в данной работе требует применения защитных средств, например, защитных очков с УФ-фильтром, которые помогают избежать ожога сетчатки глаза.

На рисунке 1 приведена фотография используемых при проведении эксперимента защитных очков, освещаемых источником УФ излучения с длиной волны 395 нм. Видно, что очки обеспечивают некоторую защиту органов зрения от воздействия ультрафиолета. Об этом можно судить по наличию заметной тени, отбрасываемой очками на лист белой бумаги и сравнимой по цвету с тенью от оправы. Для количественной оценки ослабления потока УФ излучения были проведены измерения световой мощности с использованием защитных очков и без них. При освещении фотоприёмного устройства диаметром 10 мм излучением УФ светодиода регистрируемая мощность излучения 350 мкВт, что соответствует приблизительно 4,5 Вт/м<sup>2</sup>. После регистрации уровня падающей мощности излучения в просвет между фотоприёмником и светодиодом были внесены очки. С использованием защитных очков регистрируемая световая мощность составила уже 5,4 мкВт, что соответствует приблизительно 60 мВт/м<sup>2</sup>. Таким образом, при использовании защитных очков



**Рис. 1.** Фотография используемых при проведении эксперимента защитных очков, освещаемых источником УФ излучения с длиной волны 395 нм

световая мощность уменьшается примерно в 70 раз, что представляется вполне достаточным при использовании уровней засветки, допустимых по п. 9.2.3 СанПиН 2.2.4.3359-16, а именно допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при наличии незащищенных участков поверхности кожи не более  $0,2 \text{ м}^2$  (лицо, шея, кисти рук и так далее), общей продолжительности воздействия излучения, равной 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин и более не должна превышать для УФ излучения типа А – до  $10 \text{ Вт/м}^2$ .

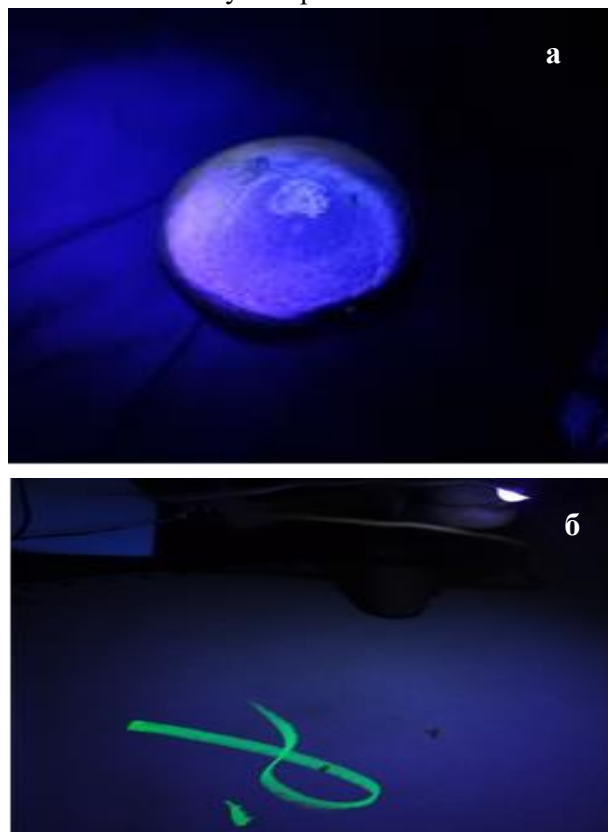
В ходе данного эксперимента был сделан вывод, что для работы в интересующем нас диапазоне световой мощности данные защитные очки соответствуют требованиям и позволяют использовать их в нашей работе.

Для демонстрации возможности наблюдения явления флуоресценции биологических объектов в ходе предварительных экспериментов с использованием стандартного осветителя для фотоотверждаемого клея были отобраны изображения кожуры мандарина с развившейся на ней плесневой порослью (рис. 2а). Представленное изображение было получено в темноте без использования дополнительного УФ фильтра на камере. Облучаемый объект – фрукт (мандарин) с наличием плесени на поверхности кожуры. На фото видно явление флуоресценции под УФ-излучением – хорошо заметные светлые включения на фоне относительно более слабой автофлуоресценции подложки (собственно, кожуры мандарина). Плесневые грибы являются известными объектами для наблюдения с использованием флуоресцентных методов, что было обнаружено и в проведенном эксперименте.

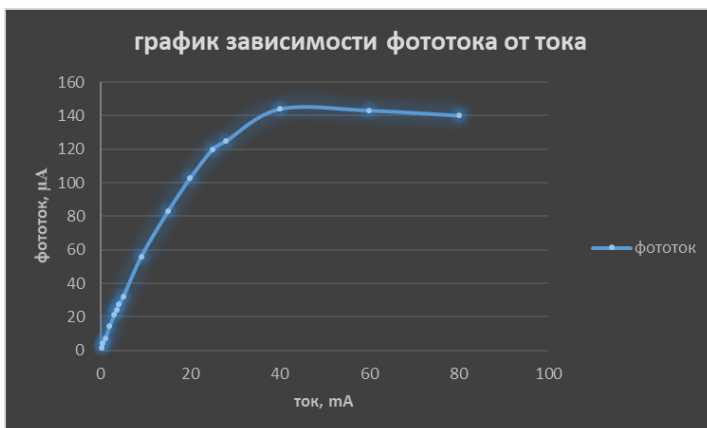
В ходе эксперимента для наблюдения явления люминесценции искусственных сред под воздействие ультрафиолета поместили лист бумаги с рисунком, нанесенным маркером-текстовыделителем (рис. 2б). Мы наблюдали свечение рисунка.

С целью разработки системы флуоресцентной визуализации необходимо получить параметры светодиодов и провести проверку на соответствие требованиям СанПиН 2.2.4.3359-16. На проведенном этапе работы была осуществлена разработка методики экспериментального определения параметров светодиодов: ток разрушения, ватт-амперная характеристика. Методика отработывалась на нескольких светодиодах и автономном блоке питания, составленном из батареек. Провода запаиваются к блоку питания, к светодиоду припаивается

переменный резистор, изменением его сопротивления регулируется ток цепи, который измеряется амперметром. Данный эксперимент позволяет определить максимальную силу тока для данных светодиодов, при которой светодиод будет светить, и силу тока, при которой светодиод перегорит.



**Рис. 2.** Наблюдения явления флуоресценции а) кожура мандарина с развившейся на ней плесневой порослью, б) лист бумаги с рисунком, нанесенным маркером-текстовыделителем



**Рис. 3.** Экспериментальная зависимость фототока датчика освещенности S120C от силы тока цепи светодиода

В ходе эксперимента выяснилось, что минимальный ток свечения в исследуемом светодиоде с резистором составил 1,2 мА, а перегорает светодиод при силе тока, равной 96 мА. На рисунке 3 приведена полученная в ходе эксперимента зависимость фототока датчика освещённости S120C от силы тока цепи светодиода. Целью эксперимента выступает определение зависимости светимости светодиода от силы тока цепи. Результаты измерения зависимости фототока от силы тока в цепи приведены на рисунке в виде графика. На графике хорошо видно, что зависимость имеет выраженный нелинейный характер. Хорошо видно, что в условиях проведённого эксперимента для исследуемого светодиода фототока больше чем 140 мкА быть не может, что обусловлено возникновением эффекта насыщения для светодиода при токе выше 40 мА.

#### *Заключение*

В ходе выполнения работы мы получили следующие результаты:

1. Для эффективного подавления мощности ультрафиолетового излучения при проведении экспериментов необходимо использовать защитные очки. Для использованных в эксперименте защитных очков световая мощность в УФ-диапазоне уменьшается примерно в 70 раз.
2. Продемонстрирована флуоресценция искусственных красителей (текст-маркер) и материалов природного происхождения (колония плесневых грибов на кожуре цитрусовых)
3. Проведена серия экспериментов с использованием светодиодов, в ходе которой экспериментальным путём устанавливались наиболее важные параметры светодиодов с неизвестными характеристиками.
4. Установлены величина минимального тока свечения в исследуемом светодиоде (1,2 мА); ток разрушения светодиода (примерно равен 96 мА).
5. Установлена нелинейность зависимости светимости светодиода от тока накачки, показано наличие эффекта насыщения (при токе 40 мА).

Полученные результаты будут использованы в дальнейшей работе разработки системы флуоресцентной визуализации.

#### **Литература**

1. *Иродов И.Е.* Волновые процессы. Основные законы: Учеб. пособие для вузов. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 264 с.
2. Элементарный учебник физики: Учебное пособие. В 3-х т. Т. II. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика / Под ред. Г.С. Ландсберга. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. – 656 с.
3. Флуоресценция [Электронный ресурс]:// Википедия. сайт. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BB%D1%83%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F/>
4. Флуоресценция [Электронный ресурс]://сайт. <https://hmong.ru/wiki/Fluorescent/>
5. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (в редакции от 21.06.2016)