

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики твердого тела

**СПОСОБ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
В ИЗОТРОПНОМ ВОДНОМ РАСТВОРЕ ХЛОРОФИЛЛА**

название темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 2251 группы
направления (специальности) 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника»
код и наименование направления
(специальности)

института Физики
наименование факультета, института, колледжа
Палагута Алексея Михайловича
фамилия, имя, отчество

Научный руководитель

Доцент, к.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Рытик А.П.

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

физики твердого тела

Профессор, д.ф.-м.н.

должность, уч. степень, уч. звание

дата, подпись

Скрипаль А.В.

инициалы, фамилия

Саратов 2021 г.

Визуализация магнитных и электромагнитных полей является важной задачей, в частности для понимания механизмов влияния СВЧ излучения на человека. Методы визуализации электромагнитного излучения (ЭМИ) используются не только в научных исследованиях, но и в промышленности, экологическом мониторинге, радиосвязи. В настоящее время успешно применяются методы визуализации в оптическом, УФ, ИК, рентген-диапазоне, для этого используются теоретические методы [1] и инструментальные, например, ближнеполевые сканеры или люминофор-сцинтиллятор для визуализации рентгеновского излучения [2]. Следует отметить, что появляются новые методы и среды для визуализации электромагнитного излучения, например, на основе радио- люминесценции органических конденсированных сред [3] или железоаммониевые квасцы [4]. Главные характеристики в подборе новых сред для визуализации является диапазон частот и плотность мощности которые возможно детерминировать. **Целью настоящей работы** явилось исследовать изменение однородности водного раствора хлорофилла, при воздействии неионизирующего излучения в полосе частот 45-90 ГГц и плотности мощности 0,04 мВт/см².

Для выполнения исследований была разработана экспериментальная установка на основе СВЧ-генератора сигналов Г4-142 и открытой оптопары, для оценки изменения оптической плотности раствора. В качестве исследуемой среды использовался гомогенизированный раствор эвкалипта на масляной основе и деионизованной воды. Облучение выполнялось в прозрачной полипропиленовой кювете. Генератор позволял перестраивать частоту и выходную мощность в ходе исследования.

В ходе эксперимента было установлено, что изотропность раствора хлорофилл не нарушается до момента включения генератора и подачи мощности более 0,01 мВт/см². При воздействии излучения, спустя 45 секунд начинает формироваться прозрачная область в области кюветы наиболее близко расположенного к волноводу. Важно заметить, что нарушение

изотропности вызывали лишь частоты 45 и 90 ± 1 ГГц. Дополнительно были проведены тепловизионные исследования и достоверно показано отсутствие нагрева среды или кюветы. Обнаружено, что при воздействии излучения 45 ГГц цветность раствора в области примыкания к волноводу изменялась относительно всего раствора (приобретался бледно зелено-коричневый окрас), а также проявилось расслоение раствора по оттенку и появлению на дне кюветы пузырей (рис.1). Продолжительность воздействия составляла 35 минут.

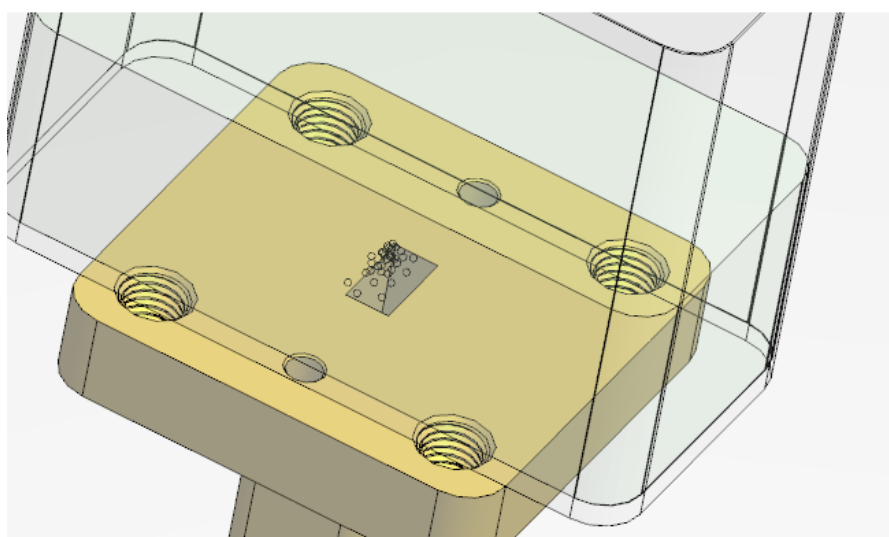


Рис. 1. Кювета с раствором хлорофилла с пузырьками воздуха в области примыкания к волноводу

Поскольку был исключен локальный нагрев кюветы и среды, то образование пузырьков газа в кювете в области примыкания волновода к кювете связано с воздействием СВЧ излучения. В данном случае частота воздействия была 45 ГГц, что совпадает с одной из линий поглощения кислорода [5]. Возможно, воздействие электромагнитного излучения на линии поглощения кислорода приводит к изменению конформации молекул и запасанию энергии излучения во вращательной степени свободы. Это, в свою очередь, приводит к увеличению коэффициента диффузии и образованию пузырьков воздуха растворенного кислорода. Однако расслоение по высоте объяснить воздействием излучения не удается.

Ещё одной характерной частотой была 95 ГГц, на которой возникал достоверно воспроизводимый эффект в среде – нарушение изотропности и появление осветленной области. Был измерен спектральный состав химической среды кюветы в областях с разной оптической плотностью и цветом. Спектр был получен на спектрофотометре SHIMADZU UV-1700 PharmaSpec UV-VIS. Рабочий спектральный диапазон составлял от 190-1100 нм. Результат спектрального анализа показан на рисунке 2. Спектр не отличается для двух областей в части спектрального состава, однако имеет различную интенсивность, что говорит о не изменном химическом составе и отличной концентрацией исходных компонент, в частности хлорофилла. Дополнительно были проведены спектральные измерения в области поглощения хлорофилла на УФ-спектрофотометра в полосе частот рис.2... видно, что что значительной разницы в спектре не наблюдалось, и что это может быть связано с тем что воздействие электромагнитного излучения приводит к «очищению» раствора, то есть происходит ускорение расслоения раствора и определённые его части (в виде осадка) вытесняются за пределы фронта распространяющийся волны.

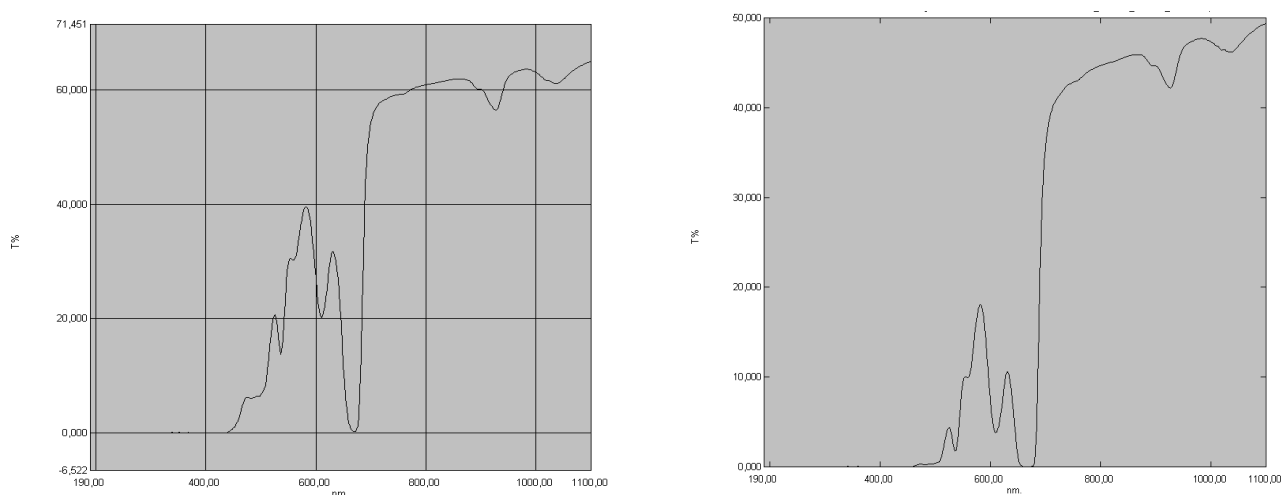


Рис.2. Графики с УФ-спектрофотометра

Слева – спектр оптически более плотной среды (исходная среда изотропного раствора хлорофилла) и справа – спектр освещенной области хлорофилла в области примыкания волновода.

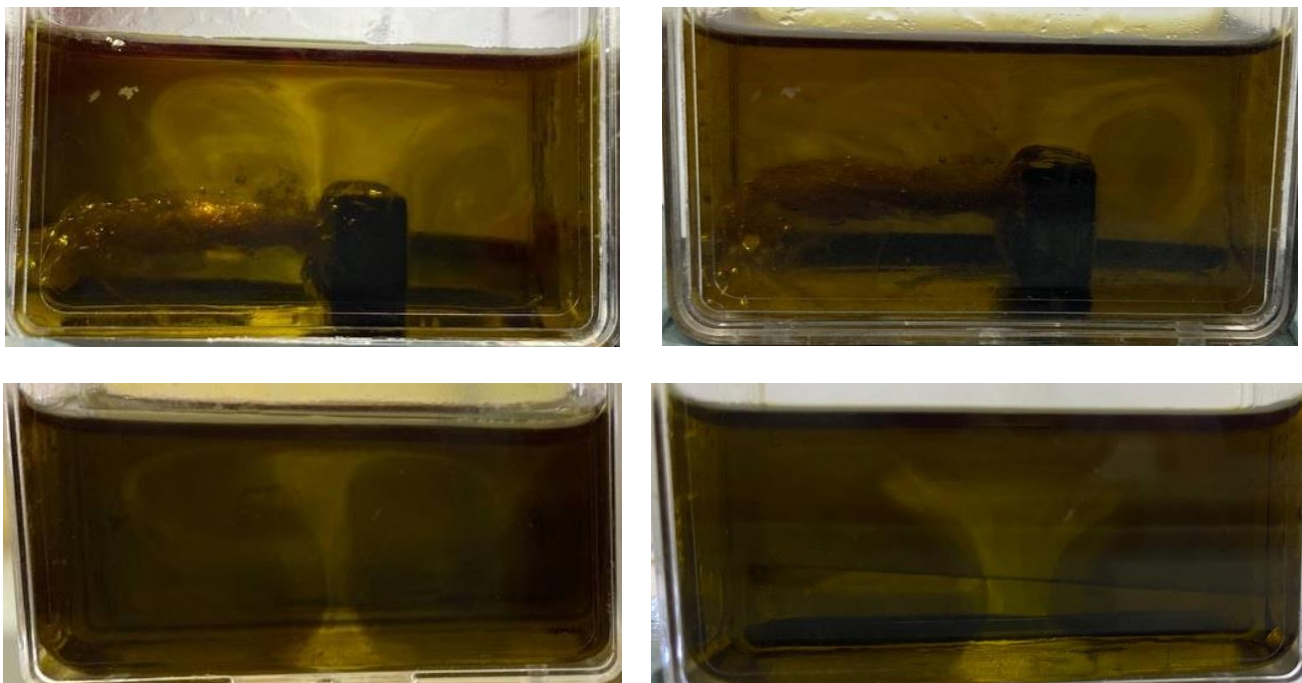
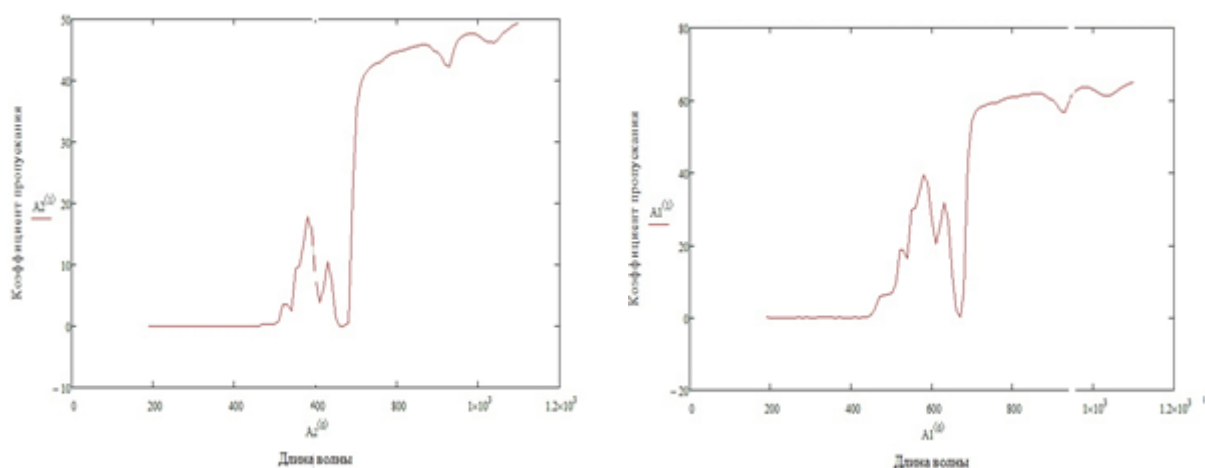


Рис.3. Наблюдаемый фронт волны ЭМИ СВЧ в растворе (сверху- при размещении в растворе постоянного магнита, внизу- без)



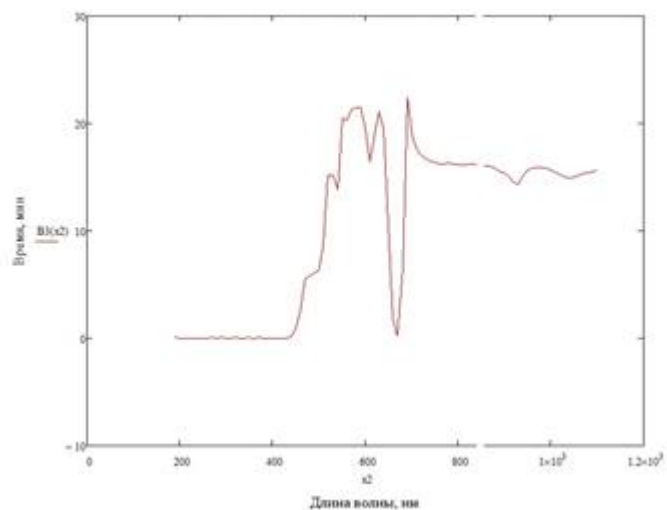


Рис.4. Слева – спектр оптически более плотной среды (исходная среда изотропного раствора хлорофилла) и справа – спектр освещенной области хлорофилла в области примыкания волновода. Внизу – сравнение двух спектров.

Также были проведены исследования на ИК-Фурье спектрометре IRAFFINITY-1S в полученных данных наблюдается корреляция с предыдущими графиками, а именно, наблюдается сходство на участках как в освещенной области, так и в области оптически более плотной. Приведенные результаты подтверждают выдвигаемую гипотезу об очищении раствора под воздействием ЭМИ (СВЧ).

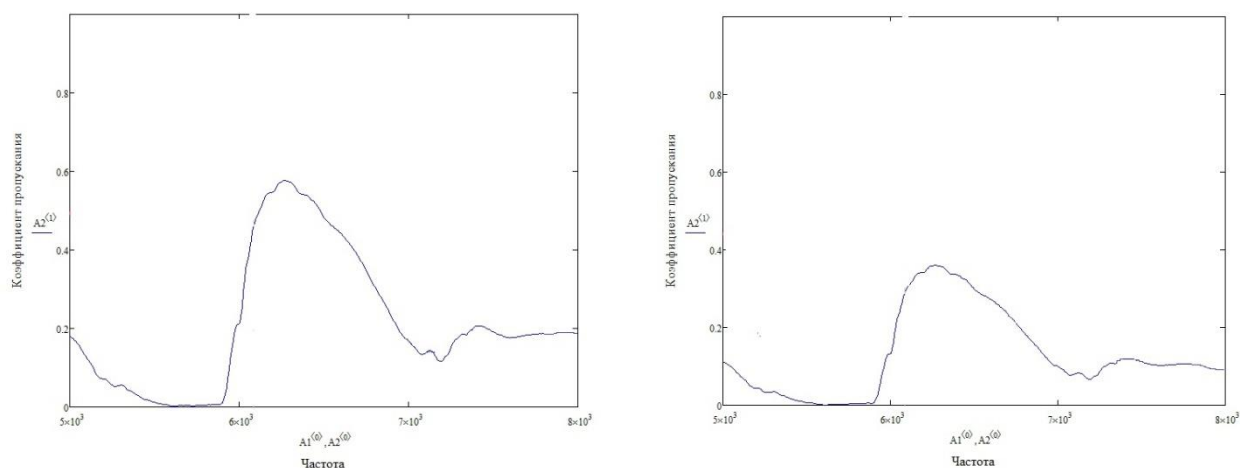


Рис 5. Слева – спектр оптически более плотной среды (затемненная исходная среда изотропного раствора хлорофилла) и справа – спектр освещенной области хлорофилла в области примыкания волновода.

Таким образом, воздействие СВЧ-излучения влияет на однородность раствора хлорофилла – появляется освещенная область и в растворе появляются структуры, по которым можно говорить о наличии электромагнитного излучения. Полученные результаты позволяют предположить, возможность использования изотропной среды для визуализации ЭМИ. Также результаты могут быть полезны для экологического аспекта очистки вод.

В данной работе были подробно рассмотрены различные механизмы воздействия сверхвысокочастотного излучения различного диапазона на некоторые биологические объекты, в том числе, воздействия на человека. На практике было проведено исследование воздействия сверхвысокочастотного излучения на раствор хлорофиллипта, а также изучена возможность визуального обнаружения электромагнитного поля сверхвысокочастотного диапазона при помощи раствора хлорофиллипта. Анализ результатов исследований, влияния высокочастотного электромагнитного (СВЧ ЭМИ) излучения на живые и неживые объекты, в ходе выполненной работы, свидетельствует о создании нового метода визуализации электромагнитного

излучения в среде хлорофилллита по форме распространения осадка по дну кюветы.

Предложена установка, а также метод для детектирования электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона с определением типа распространяющихся в пространстве волн. Проведенные исследования помогут при описании влияния высокочастотных электромагнитных излучений (СВЧ ЭМИ), терагерцовое излучение (ТГц) и КВЧ излучения на биообъекты и химические среды, а также будут способствовать расширению аппаратных возможностей детектирования электромагнитного излучения, а именно, произведенные исследования будут положены в основу разработки специальных приборов, позволяющих определить распределение магнитных полей в пространстве. Которые в дальнейшем могут быть использованы в рамках социально ориентированного электромагнитного мониторинга, а именно поможет точнее изучить влияние сверхвысокочастотных полей на физические и биологические среды, в том числе на человека.

Библиографический список

1. *Звездина М.Ю., Шокова Ю. А., Шоков А. В.*, Визуализация электромагнитного поля апертурной антенны подвижной связи в рамках социально ориентированного электромагнитного мониторинга // *Universum: технические науки*. 2015. №8-9 (20)
2. *Rossi M., Casali F., Golovkin S.V., Govorun V.N.* Digital radiography using an EBCCD-based imaging device // *Appl. Radiation and Isotopes* 2000. Vol.53. P.699-709
3. *Galunov, Nikolai & Гринев, Б & Tarasenko, Oleg.* (2005). Особенности сцинтилляционного процесса в органических сцинтилляторах. *Voprosy*

atomnoj nauki i tehniki = Pytannja atomnoї nauky i techniky = Problems of atomic science and technology. 176-181.

4. *Березовчук, А. В.* Электромагнитное излучение и химические реакции / А. В. Березовчук, А. В. Шантроха, М. А. Старшов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2010. — № 11 (22). — Т. 1. — С. 109-112.
5. *Бецкий О.В., Голант М.Б., Девятков Н.Д.* СВЧ-волны в биологии. —М.: Знание, 1988. —64 с.
6. *Маслов М.Ю., Сподобаев М.Ю., Сподобаев Ю.М.* Электромагнитный мониторинг мегаполиса. Труды научно-исследовательского института радио. —2013. —№ 4.—С.5—7.
7. *Маслов М.Ю., Сподобаев М.Ю., Сподобаев Ю.М.* Современные проблемы электромагнитной экологии. Электросвязь. —2014. —№ 10. —С. 39—42.
8. *Трубецков Д. И., Храмов А. Е.* Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков. В 2-х томах. 2003-2004 г. С. 496-648.
9. *Харвей А.Ф.* Техника сверхвысоких частот. В 2-х томах.1965 г. С. 59-63.
10. *Гвоздовер С. Д.* Теория электронных приборов сверхвысоких частот. М., Гостехиздат, 1956. С 98-100.
11. *Усанов Д.А., Горбатов С.С., Орлов В.Е., Вениг С.Б.* Резонансы в полубесконечном волноводе с диафрагмой, связанные с возбуждением волн высших типов // Письма в ЖТФ, 2000, том 26, вып. 18. С47-53.
12. *Усанов Д.А., Рытик А.П., Бабкина Н.А.* Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине - 2018 / /Сборник статей всероссийской школы-семинара. под редакцией д.а. Усанова. 2018, «Изменение

сопротивления раствора хлорофилла при воздействии различной плотности мощности ЭМИ на частоте 60 Гц», —С. 162—165.