

УДК 57.621.383

РАЗРАБОТКА ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ СИНГЛЕТНОГО КИСЛОРОДА

Шишкина А.С. (ИТМО), Хомутишникова Л.Л. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, Мухтубаев А.Б.
(ИТМО)

Введение. Синглетный кислород представляет собой высокоэнергетическое и короткоживущее молекулярное состояние кислорода с неподеленной парой электронов во внешней оболочке. Высокое окислительное свойство синглетного кислорода обусловлено его высокой реакционной способностью, поскольку он легко вступает в реакцию с бактериями, вирусами и другими микроорганизмами, в результате чего, повреждает их [1]. Некоторые хорошо известные бактерии, которые потенциально могут быть разрушены синглетным кислородом, являются *E. coli*, *Staphylococcus aureus* и *Pseudomonas aeruginosa*, *Helicobacter pylori* (язва желудка) [2], что подчеркивает преимущество синглетного кислорода - способность влиять на широкий спектр различных инфекционных заболеваний. Именно поэтому одним из актуальных медицинских применений активной формы кислорода (АФК) является дезинфекция различных областей органов. Наиболее популярным методом дезинфекции, использующий свойства синглетного кислорода, является фотодинамическая терапия. Метод заключается во вводе фотосенсибилизатора в организм человека, при облучении которого происходит выработка синглетного кислорода. Недостатками данной терапии является поражение здоровых клеток из-за низкой точности, длительное время проводимой терапии, а также побочные эффекты, требующие дополнительного внимания пациента и врача [3]. Таким образом, фотодинамическая терапия не может локально обрабатывать глубоко расположенные пораженные клетки организма. И задача по разработке профилактики пораженных клеток организма изнутри и с высокой точностью является актуальной

Основная часть. Именно поэтому предлагается разработка эндоскопической системы с применением фотокаталитического покрытия для выработки синглетного кислорода. Предлагаемая эндоскопическая система позволяет локально и контролируемо воздействовать изнутри на пораженные клетки, при этом нет необходимости использовать дополнительные медикаментозные средства. Данная методика предполагает использование фотокаталитического покрытия [4] и оптических волокон для облучения и последующей выработки активной формы кислорода, способной привести к разрушению клеток [5]. Фотокаталитическое покрытие на основе оксидов цинка, олова и железа состоит из нанокристаллов размером менее 50 нм, способных к фотогенерации химически активного синглетного кислорода под действием излучения с длиной волны 370 нм.

Предлагаемое устройство исполнено в форме портативной эндоскопической системы, состоящей из электронного эндоскопа и волоконно-оптического жгута с кварцевым стеклом на его конце, на которое нанесено фотокаталитическое покрытие. Электронный эндоскоп представляет из себя камеру, подключенную к записывающему устройству для контроля проводимой процедуры. Волоконно-оптический жгут состоит из многомодовых кварцевых волокон и кварцевого стекла с фотокаталитическим покрытием. Волоконно-оптический жгут подключен к УФ светодиоду (СИД) Nichia NC4U133A с центральной длиной волны 365 нм, что попадает в пик поглощения у фотокаталитического покрытия. Разрабатываемое устройство находится в гибком корпусе. Синглетный кислород является короткоживущим, поэтому облучение пораженных клеток необходимо при контакте прибора и биоткани. Профилактика пораженных клеток заключается в 4 этапах: (I) ввод эндоскопической системы в организм человека, (II) обнаружение пораженных клеток с помощью электронного эндоскопа, (III) контакт прибора с биотканью и включение светодиода для облучения фотокаталитического покрытия, которое вырабатывает синглетный кислород, (IV) отдаление от биоткани для контроля проведенной процедуры.

Выводы. Таким образом, на первом этапе разработки предлагаемой эндоскопической системы была смоделирована ее оптическая часть в специализированном программном обеспечении для численного моделирования COMSOL Multiphysics, по результатам которого определено расстояние от волоконно-оптического жгута до кварцевого стекла с фотокаталитическим покрытием, которое составило 5 мм, а также эффективное расположение жгута относительно эндоскопа, при котором облучение кварцевого стекла с покрытием происходит по всей области. Также был изготовлен жгут (диаметр жгута составил 5,4 мм), состоящий из многомодовых кварцевых волокон с диаметром сердцевины 1000 мкм (жгут состоит из 8 волокон).

Список использованных источников:

1. Maharjan P. S., Bhattarai H. K. Singlet oxygen, photodynamic therapy, and mechanisms of cancer cell death // *Journal of Oncology*. – 2022. – Т. 2022.
2. Dahl T. A., Midden W. R., Hartman P. E. Comparison of killing of gram-negative and gram-positive bacteria by pure singlet oxygen // *Journal of bacteriology*. – 1989. – Т. 171. – №. 4. – С. 2188-2194.
3. Borgia F. et.al. Early and late onset side effects of photodynamic therapy // *Biomedicines*. – 2018. – Т. 6. – №. 1. – С. 12
4. Khomutinnikova L. L. et al. Structural engineering of photocatalytic ZnO-SnO₂-Fe₂O₃ composites // *Journal of Composites Science*. – 2022. – Т. 6. – №. 11. – С. 331.
5. Kashef N., et al. Advances in antimicrobial photodynamic inactivation at the nanoscale // *Nanophotonics*. – 2017. – Т. 6. – № 5. – С. 853.