

ОЦЕНКА КВАНТОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СВЕТА С ОКСИГЕМОГЛОБИНОМ И КАРБОКИГЕМОГЛОБИНОМ

С. О. Мамилов¹, С. С. Есьман¹, М. М. Асимов², А. Гизбрехт³

¹Институт прикладных проблем физики и биофизики НАН Украины,
Киев, Украина

²Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск, Беларусь

³Институт электроники Болгарской АН, София, Болгария

E-mail: MamilovSO@nas.gov.ua

В предыдущих исследованиях эффективности фотодиссоциации оксигемоглобина и карбоксигемоглобина в зависимости от длины волны действующего излучения было установлено, что спектры действия имеют максимумы в области 525, 605 и 850 нм [1]. Поэтому, исследования квантовой эффективности взаимодействия света с оксигемоглобином и карбоксигемоглобином были проведены в области максимумов в видимой (605 нм), и в ближней ИК диапозоне (850 нм). Была проведена серия экспериментов с измерением изменений ΔSaO_2 и $\Delta HbCO$ при различных мощностях действующего излучения.

В эксперименте светодиод вводился внутрь 3-волнового пульсоксиметрического датчика спереди таким образом, чтобы облучалась нижняя передняя часть первой фаланги пальца, и, при этом, прямой световой поток не попадал на поверхность фотоприемника. Измерение проводилось на пальцах умеренного курильщика со средним содержанием карбоксигемоглобина в крови от 4 до 5,5 %.

В каждом эксперименте вычислялись средние значения SaO_2 и $HbCO$ на интервалах без облучения и при облучении. Полученные значения статистически обрабатывались с использованием соответствующего пакета программы Origin 7.5 и исчислялись погрешности значений для достоверности $P = 0,95$ с использованием таблицы Стьюдента.

Средние значения SaO_2 и $HbCO$ без облучения для серий экспериментов с разной мощностью облучения составили для длины волны 605 нм $95,2 \pm 0,34_{SD} \%$ и $4,69 \pm 0,28_{SD} \%$ соответственно и для длины волны 850 нм $95,3 \pm 0,4_{SD} \%$ и $4,6 \pm 0,3_{SD} \%$ соответственно.

На рис. 1 приведена зависимость величины падения сатурации ΔSaO_2 и содержания карбоксигемоглобина $\Delta HbCO$ от мощности облучения с длиной волны 605 нм. На рис. 2 представлены относительные значения изменений $\Delta SaO_2 / SaO_2$ и $\Delta HbCO / HbCO$.

На данной длине волны наблюдается выход кривых на насыщение в области 35 мВт. Это означает, что дальнейшее увеличение количества фотонов не приводит к увеличению числа актов фотодиссоциации моле-

кул HbO_2 и HbCO в облучаемой крови, и полученные максимальные значения $\Delta\text{SaO}_2/\text{SaO}_2$ и $\Delta\text{HbCO}/\text{HbCO}$ определяют квантовые выходы фотодиссоциации окси- и карбоксигемоглобина. То есть, для $\lambda = 605$ нм квантовый выход фотодиссоциации молекул HbO_2 можно оценить в $0,10 \pm 0,01$, а HbCO – $0,76 \pm 0,02$. На длине волны 850 нм насыщения достичь не удалось. Относительное падение сатурации $\Delta\text{SaO}_2/\text{SaO}_2$ при максимальной мощности облучения достигает 12 %, а относительное падение содержания карбоксигемоглобина – 82 %. Таким образом, можно считать, что 0,12 и 0,82 является нижними оценками значений квантового выхода фотодиссоциации окси- и карбоксигемоглобина при $\lambda = 850$ нм.

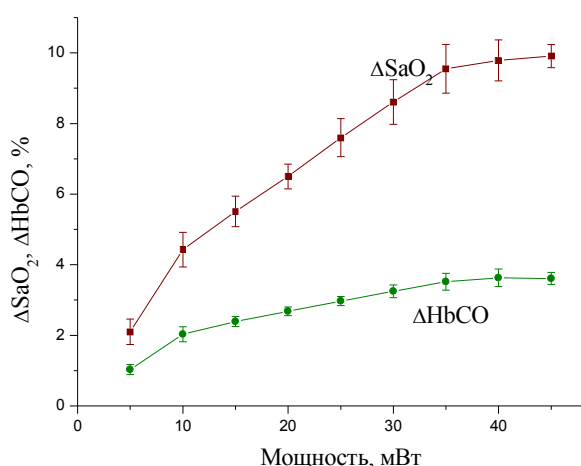


Рис. 1. Величина падения ΔSaO_2 и ΔHbCO при облучении на длине волны 605 нм в зависимости от мощности

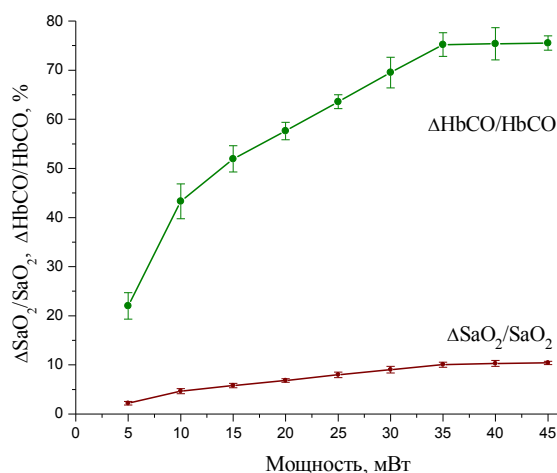


Рис. 2. Относительное падение $\Delta\text{SaO}_2/\text{SaO}_2$ и $\Delta\text{HbCO}/\text{HbCO}$ при облучении на длине волны 605 нм в зависимости от мощности

Следует отметить, что принципиальной разницей данного исследования от всех предыдущих, выполненных на растворах комплексов гемоглобина, является то, что в условиях *in vivo* за счет кровотока обеспечивается постоянное количество центров фотодиссоциации, в то время как в кюветах *in vitro* количество молекул, испытывающих фотолиз, уменьшается по экспоненциальному закону. Кроме того, за счет непрерывности облучения продукты рекомбинации лиганда с гемом подвергаются повторной фотодиссоциации. В результате мы оцениваем квантовую эффективность устойчивого процесса фотодиссоциации, что происходит в естественных условиях.

1. Мамилев С. А., Есьман С. С, Асимов М. М, и др. // ЖПС. 2014. Т. 81. № 3. С. 413–417.