

О ФОТОТРАНСФОРМАЦИИ В ТКАНЯХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Коробов А.М.

Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина,
НИ лаборатория квантовой биологии и квантовой медицины,
майдан Свободы, 4, Харьков, 61022, Украина,
тел.: +38(067)731-14-31, тел./факс: +38(057)707-51-91
e-mail: amkorobov@mail.ru

В работе описано обнаруженное экспериментально в тканях животных и человека явление фототрансформации - превращение (преобразование) низкоинтенсивного электромагнитного излучения различных участков видимого диапазона спектра в излучение красного диапазона спектра. Явление фототрансформации обусловлено фотолюминесценцией органических молекул и подчиняется правилу Стокса.

Обнаруженное явление проявляется подобным образом как в тканях экспериментальных животных (крысы линии Вистар), так и в тканях людей с различным цветом кожи (европейцы, азиаты, индусы, африканцы).

Предполагается, что процесс фототрансформации может быть как одноэтапным, так и многоэтапным.

Полученные результаты могут быть использованы для уточнения существующих представлений о механизмах экстраокулярного действия света на биологические объекты и глубине проникновения электромагнитного излучения различных участков видимого диапазона спектра в биологические ткани.

Ключевые слова: свет, фототрансформация, фотолюминесценция, правило Стокса, ткани животных, ткани человека.

Введение. Явление, о котором пойдет речь в данном сообщении, было обнаружено случайно 23 апреля 2014 года, около 20.00 по киевскому времени при исследовании влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения различных участков видимого диапазона спектра на регенерацию и восстановление проводимости поврежденного периферического нерва у экспериментальных животных. В эксперименте у половозрелых крыс линии Вистар массой 230-250 г с помощью микрохирургических ножниц пересекалась внутренняя часть седалищного нерва в области бедра правой конечности. При этом повреждение периневрия было минимальным. Операция выполнялась нейрохирургом Н.Ф.Посоховым – заведующим отделением нейрохирургии ГУ «Институт неврологии, психиатрии и наркологии НАМН Украины».

Прооперированные животные доставлялись в виварий Харьковского национального университета имени В.Н.Каразина (НИИ биологии), где проводилось освещение зоны проекции поврежденного седалищного нерва непрерывным излу-

чением светодиодов синего либо красного участков спектра, а также сочетанное воздействие излучением светодиодов синего либо красного участков спектра и магнитным полем электромагнитного, модулированных с частотой 3 Гц.

Учитывая рутинность процедуры облучения животных, более чем двухмесячную продолжительность эксперимента, малочисленность штата сотрудников лаборатории, в целях экономии рабочего времени облучение животных пришлось взять на себя и начинать его в 18.00, т.е. после окончания официального рабочего дня.

В тот день (23 апреля) в лаборатории постоянно приходилось решать какие-то незапланированные задачи, что привело к двухчасовой задержке приезда в виварий. Небо над городом закрыли тяжелые дождевые тучи. К началу проведения эксперимента начали сгущаться сумерки.

Первую шестерку животных необходимо было облучить светодиодным источником мощностью 25 мВт, излучающим в синей области спектра. Длина волны максимума полосы излучения светодиода 470 нм, ширина полосы по уровню по-

ловинной интенсивности составляла 30 нм. Эксперимент шел второй месяц, животные подросли и уже не помещались в разработанной нами фиксирующей капсуле, рассчитанной на животных массой до 230-250 г., поэтому облучение проводилось прямо на рабочем столе, удерживая животное руками на излучателе. Из-за позднего времени животные были беспокойны, постоянно пытались вырваться из рук, хотя в обычное время они вели себя настолько спокойно, что не оставляли на столе экскрементов. В этот же вечер животных приходилось успокаивать различными способами, в том числе и поглаживанием. Свет в комнате, где проводилось облучение, еще не был включен.

Результаты и их обсуждение. В один из таких моментов, поглаживая животное над зоной облучения, мне показалось, что под пальцами появилось красное свечение, хотя светодиод излучал в синей области спектра. При повторном поглаживании, а скорее даже при придавливании тела животного к облучателю, совершенно отчетливо было видно достаточно яркое красное свечение над зоной облучения (рис. 1 на цветной вставке между стр. 38 и стр. 39). Повторяя эту процедуру многократно, в том числе и на последующих животных и не только в зоне бедра, был получен один и тот же результат – красное свечение над зоной облучения животного синим светом. Сомнений не было – наблюдается какое-то, для меня неожиданное, явление.

Тут же вспомнились гипотетические размышления четырехлетней давности. Тогда, пытаясь понять и объяснить подобие конечного действия на пациентов красного и синего излучения, а также подобие динамики лейкоцитарной реакции у экспериментальных животных с моделью небактериального перитонита, облучаемых красным и синим излучением [3, 4], первое из которых проникает в ткани на 2-3 см, а второе – всего на 2-3 мм [1, 4], мною, радиофизиком по образованию, было высказано предположение, что органические молекулы, поглотившие излучение синего участка спектра, после внутренней конверсии отдадут избыточную энергию в виде излучения красного участка спектра, которое успешно проникает на положенные ему 2-3 см, что приводит к идентичному конечному биологическому эффекту. В описываемом эксперименте с животными эта гипотеза, похоже, блестяще подтвердилась.

Практически сразу этому явлению нашлось и название – биологическая фототрансформация

или фототрансформация в тканях биологических объектов, в основе которой лежит фотолюминесценция [2]. Такое название родилось на основании ассоциации с фототрансформацией УФ - излучения растворами красителей, находящимися между лампами накачки и активным элементом и преобразующими его в излучение синего или зеленого участков спектра, которое далее используется для возбуждения активных элементов лазеров на красителях с ламповой накачкой (с 1967 г. по 1997 г. мне посчастливилось заниматься разработкой и исследованием лазеров на красителях с ламповой накачкой).

Поскольку на протяжении последних 6 лет мы занимаемся изучением действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения различных участков оптического диапазона спектра на биологические объекты и имеем арсенал таких излучателей, естественно было включить их в описанный эксперимент.

Целью дополнительного эксперимента, ставшего главным для данной работы, было изучение преобразования (трансформации) низкоинтенсивного электромагнитного излучения различных участков видимого диапазона спектра (синего – $\lambda=470$ нм, зеленого – $\lambda=525$ нм, желтого – $\lambda=595$ нм, красного – $\lambda=625$ нм) в тканях экспериментальных животных (крысы линии Вистар) и человека (добровольцы).

Результат оказался совершенно поразительным.

На рис. 2 цветной вставки отчетливо видно, что над зоной облучения животного источником зеленого света, с противоположной стороны бедра крысы наблюдается достаточно интенсивное излучение желтого и красного участков спектра.

На рис. 3 цветной вставки продемонстрировано преобразование желтого облучающего света в оранжевое излучение с противоположной стороны животного.

И, наконец, на рис. 4 цветной вставки мы видим, что излучение красного участка спектра преобразуется в более длинноволновое красномалиновое излучение.

Находясь под впечатлением от обнаруженного эффекта, отправился домой, запланировав на следующий день проверку этого эффекта на добровольцах. Подъезжая к университету и вспомнив, что в лаборатории имеется второй комплект излучателей, понял, что до завтра дотерпеть будет трудно, и поэтому тут же «записался в добровольцы». Время «перевалило» за 22.00.

Быстро подготовив излучатели к работе, начал освещать мочку уха (благо, что мочка мо-

Рисунки к статье Коробова А.М.
«О фототрансформации в тканях биологических объектов»



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

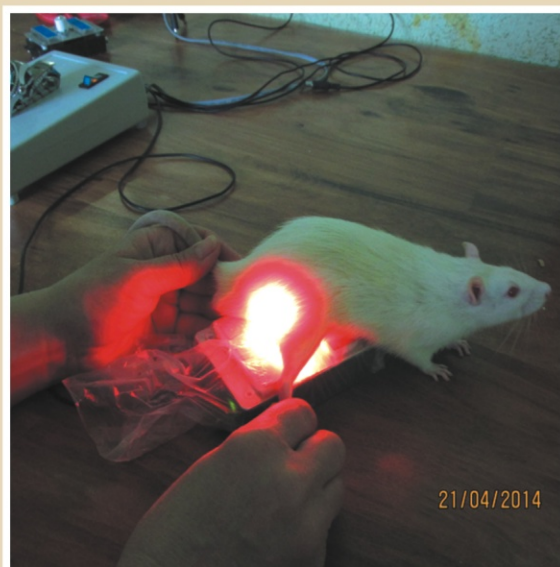


Рис. 4

Рисунки к статье Коробова А.М.
«О фототрансформации в тканях биологических объектов»

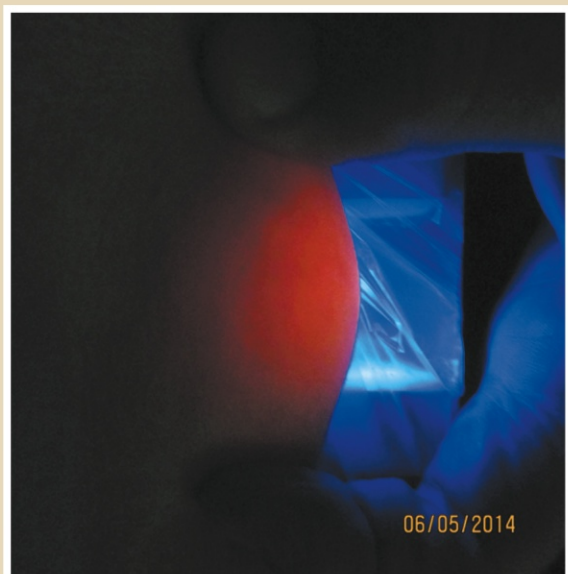


Рис. 5

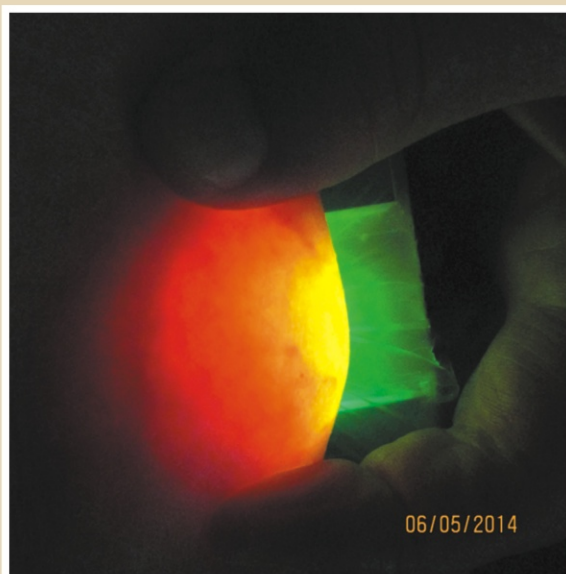


Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8

его уха полностью перекрывала апертуру излучателя). Эффект, обнаруженный на крысах, полностью воспроизвелся. К сожалению, без помощников оказалось невозможным качественно сфотографировать освещенное собственное ухо. Подходящей для демонстрации эффекта оказалась складка кожи живота. Эта зона оказалась идеальной, поскольку позволяла варьировать толщину складки, а также давала возможность самому сфотографировать облучаемый участок. Меня облучатели в той же последовательности, что и у крыс, было проведено освещение складки кожи живота. Результат оказался поразительным по своей красоте.

На рис. 5 цветной вставки мы видим яркое красное свечение складки кожи живота, облучаемой контактно с компрессией с противоположной стороны светодиодом, излучающим в синем участке спектра. Максимум полосы излучения светодиода находится в области 470 нм, ширина полосы излучения на уровне половинной интенсивности составляет 30 нм.

На рис. 6 цветной вставки зафиксировано желтое и красное свечение складки кожи живота, облучаемой с противоположной стороны светодиодом, излучающим в зеленой области спектра. Максимум полосы излучения светодиода находится в области 525 нм, ширина полосы излучения на уровне половинной интенсивности составляет 35 нм.

Облучение складки кожи живота светодиодом, излучающим в желтом диапазоне спектра, приводит к появлению на противоположной стороне складки кожи живота яркого красного светового пятна (рис. 7 на цветной вставке). Максимум полосы излучения светодиода находится в области 595 нм, ширина полосы излучения на уровне половинной интенсивности составляет 35 нм.

Освещая складку кожи живота светодиодом, излучающим в красном диапазоне спектра (длина волны максимума полосы излучения светодиода составляет 625 нм, ширина полосы излучения на уровне половинной интенсивности составляет 35 нм), мы наблюдаем на противоположной стороне складки кожи живота яркое красное световое пятно, но по цвету оно явно соответствует длинноволновой границе видимого диапазона спектра (рис. 8 на цветной вставке).

Полученные экспериментальные результаты показали идентичность отклика - появление красного излучения после прохождения низкоинтенсивного электромагнитного излучения разных участков видимого диапазона спектра (синего, зеленого, желтого, красного) через ткани как экспе-

риментальных животных, так и людей с различным цветом кожи (европейцы, азиаты, индусы, африканцы).

При этом мы имеем дело, скорее всего, как с одноэтапной фототрансформацией, так и с многоэтапной. Под многоэтапной фототрансформацией следует понимать последовательное преобразование в биологических тканях коротковолнового излучения, например, синего диапазона спектра, в излучение зеленого, желтого и, наконец, красного диапазона спектра. На рис. 6 это прекрасно видно на примере преобразования излучения зеленого диапазона в излучение желтого и красного участков спектра.

Полученные результаты потребуют достаточно серьезного пересмотра некоторых положений в объяснении механизмов действия низкоэнергетического электромагнитного излучения на биологические объекты.

В дальнейшем, следует особо обсудить вопрос о глубине проникновения излучения различных спектральных диапазонов в ткани живого организма. Приводимые в литературе [1, 5] рисунки, иллюстрирующие стрелками различного цвета и различной длины глубину проникновения в ткани живого организма электромагнитного излучения различных участков видимого диапазона спектра, едва ли отражают реальную картину.

Кроме того, необходимо будет в очередной раз заняться поиском специфических фоторецепторов.

Похоже, что полученные результаты помогут устранить «шероховатости» во взглядах «адептов» лазерной терапии и сторонников фототерапии в широком понимании этого слова на специфичность воздействия лазерного излучения с высокой степенью монохроматичности на биологические объекты. Ведь согласно закону Вавилова спектр люминесценции не зависит от положения и ширины спектра источника, возбуждающего эту люминесценцию. Важно, чтобы спектр возбуждающего источника попадал в полосу поглощения люминесцирующей молекулы.

Полученные результаты открывают новые горизонты для специалистов, занимающихся фотодинамической терапией. В частности, следует пересмотреть негативное отношение к коротковолновым полосам поглощения фотосенсибилизаторов, а следовательно, к использованию излучения, попадающего в коротковолновые полосы поглощения фотосенсибилизаторов, которое обеспечивает генерацию существенно большего количества синглетного кислорода при меньших мощностях излучения, чем длинноволновое.

Важнейшее практическое приложение полученные результаты найдут у разработчиков светодиодных осветительных систем.

И, наконец, еще одна маленькая ремарка-ассоциация.

Если перевести наблюдаемое явление на язык электротехники, то можно сказать, что ткани биологических объектов в эксперименте *in vivo* подвергались на электромагнитное излучение как цепочка «понижающих трансформаторов», преобразующих высоковольтное напряжение ЛЭП (линий электропередач) в напряжение 220 В, которое используется в «бытовой» электросети конечным потребителем.

Выводы.

1. Кожа животных и человека не только защищает организм от вредного воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, не только является самой большой железой организма, но и обеспечивает трансформацию (преобразование) части падающего на кожу электромагнитного излучения различных участков оптического диапазона спектра в более длинноволновое излучение, выполняя функцию «вторичного солнца».

2. Поскольку все процессы поглощения и излучения света происходят на молекулярном уровне в клетках организма, можно считать, что каждая клетка биологического объекта является «внутренним солнцем» организма. Причем, клет-

ка является «пассивным внутренним солнцем» в случае трансформации экзогенного излучения и «активным внутренним солнцем» в случае трансформации эндогенного излучения, в частности, митогенетического.

Полученные в эксперименте результаты «породили» множество вопросов, для ответа на которые необходимо провести дополнительные исследования, чтобы в очередной раз «пролить свет» на действие света на биологические объекты.

В заключение хотелось бы выразить огромную благодарность директору НИИ биологии Харьковского национального университета имени В.Н.Каразина, профессору А.И.Божкову за предоставленную возможность работать в виварии в нерабочее время, сотруднице вивария О.Ю.Евсеевой за прекрасное содержание и «воспитание» животных, а также директору фирмы «Мединтех» (г.Киев), к.т.н. Н.В.Чухраеву, который инициировал и поддержал материально проведение эксперимента по регенерации поврежденного периферического нерва у экспериментальных животных.

Огромное спасибо сыну Всеволоду Коробову и внуку Сергею Коробову за помощь в проведении исследований и обсуждении полученных результатов.

Надеюсь на вашу помощь и в дальнейших исследованиях.

Литература

1. Антология светотерапии. Медицинские БИОПТРОН-технологии (теория, клиника, перспективы). Сборник научных трудов (гл. научн. ред. проф. Гулярь С.А.). – Киев: Изд-во Института физиологии им. А.А.Богомольца НАН Украины. 2009. – 1024 с.

2. Владимиров Ю.А. Физико-химические основы фотобиологических процессов / Ю.А.Владимиров, А.А.Потапенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 199 с.

3. Коробов А.М. Лейкоцитарная реакция очага воспаления экспериментальных животных с моделью перитонита на действие немонахроматического излучения с длиной волны 470 нм /А.М. Коробов, Т.А. Лесная, В.А. Коробов// Материалы XXXIX Международной научно-практической конференции «При-

менение лазеров в медицине и биологии». – Харьков, 2013. – С. 106-109.

4. Коробов А.М. Лейкоцитарная реакция очага воспаления экспериментальных животных с моделью перитонита на действие немонахроматического излучения с длиной волны 625 нм /А.М. Коробов, Т.А. Лесная, В.А. Коробов, А.Н. Лобанов// Материалы XXXVIII Международной научно-практической конференции «Применение лазеров в медицине и биологии». – Ялта, 2012 – С. 80-84.

5. Москвин С.В. Основы лазерной терапии / С.В.Москвин, В.А.Буйлин. – М.-Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2006. – 256 с.

**ПРО ФОТОТРАНСФОРМАЦІЮ
У ТКАНИНАХ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Коробов А. М.

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
НД лабораторія квантової біології та квантової медицини,
тел.: +38(067)731-14-31, тел./факс: +38(057)707-51-91
e-mail: amkorobov@mail.ru*

У роботі описано виявлене експериментально в тканинах тварин і людини явище фототрансформації - перетворення низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання різних ділянок видимого діапазону спектра у випромінювання червоного діапазону спектра. Явище фототрансформації обумовлено фотолюмінесценцією органічних молекул і підпорядковується правилу Стокса.

Виявлене явище подібним чином проявляється як в тканинах експериментальних тварин (щурів лінії Вістар), так і в тканинах людей з різним кольором шкіри (європейці, азіати, індуси, африканці).

Передбачається, що процес фототрансформації може бути як одноетапним, так і багатаетапним.

Отримані результати можуть бути використані для уточнення уявлень про механізми екстраокулярної дії світла на біологічні об'єкти і глибину проникнення електромагнітного випромінювання різних ділянок видимого діапазону спектра в біологічні тканини.

Ключові слова: *світло, фототрансформація, фотолюмінесценція, правило Стокса, тканини тварин, тканини людини.*

**ON THE PHOTOTRANSFORMATION
IN THE TISSUES OF BIOLOGICAL OBJECTS**

Korobov A. M.

*V. N. Karazin Kharkiv National University
Science Research Laboratory of Quantum Biology and Quantum Medicine,
phone: +38(067)731-14-31, phone/fax: +38(057)707-51-91
e-mail: amkorobov@mail.ru*

The thesis describes the phenomenon of phototransformation observed in animal and human tissues – transformation (conversion) of low intensive electromagnetic radiation of various areas of visible light range to the red range radiation. The phototransformation phenomenon is conditioned by photoluminescence of organic molecules and ruled by Stokes' Law.

The observed phenomenon manifests itself in a similar way both in the tissues of experimental animals (Wistar rats) and in the tissues of people with various skin colors (Europeans, Asians, Indians, Africans).

A process of phototransformation may be single-stage or multistage.

The obtained results may significantly correct understanding of the mechanisms of extraocular light effect on biological objects and revise the existing ideas about the penetration depth of the electromagnetic radiation of various areas of the visible range of the spectrum in biological tissues.

Key words: *light, phototransformation, photoluminescence, Stokes' Law, human tissues.*