

Здесь  $e^2/mc^2 = 3 \cdot 10^{-15}$  м,  $c = 3 \cdot 10^8$  м/сек, частота перехода  $\omega = 2\pi\lambda^{-1}c = 6 \cdot 10^{15}$  сек $^{-1}$ , сила осциллятора для соответствующего перехода в поглощении  $f = 0,03$  [9]. Расчет дает  $10^{-10}$  сек  $> \tau > 10^{-11}$  сек (порядка  $10^2$  периодов кристаллических колебаний [10]).

Авторы признательны Ч. Б. Луцику, К. К. Ребане, В. В. Хижнякову и А. В. Шерману за обсуждение работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Liidja G. G., Plekhanov V. G., J. Luminescence, **6**, 71 (1973).
2. De Gruijter W. C., Phys. Lett., **34A**, 251 (1971); Thesis, Utrecht, Netherlands, 1972.
3. Куусманн И. Л., Либлик П. Х., Луцик Ч. Б., Письма в ЖЭТФ, **21**, 161 (1975).
4. Куусманн И. Л., Либлик П. Х., Плеханов В. Г., ФТТ, **17**, 1854 (1975).
5. Saari P., Phys. Stat. Sol., (b) **47**, K79 (1971).
6. Saari P., Rebane K., Solid State Comm., **7**, 887 (1969); Ребане К. К., Саари П. М., Мауринг Т. Х., Изв. АН СССР, Сер. физ., **37**, № 4, 848 (1973).
7. Gross E., Permogorov, S., Travnikov V., Selkin A., J. Phys. Chem. Solids, **31**, 2575 (1970).
8. Техвер И. Ю., Хижняков В. В., Изв. АН СССР, Сер. физ., в печати (1975).
9. Лийдья Г., Плеханов В., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., **21**, 193 (1972).
10. Willemsen B., J. Inorg. and Nucl. Chem., **33**, 3963 (1971).

Институт физики  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
7/III 1975

EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 24. KOIDE  
FÜSIKA \* МАТЕМАТИКА. 1975. NR. 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 24  
ФИЗИКА \* МАТЕМАТИКА. 1975, № 3

<https://doi.org/10.3176/phys.math.1975.3.18>

УДК 535.372+577.3

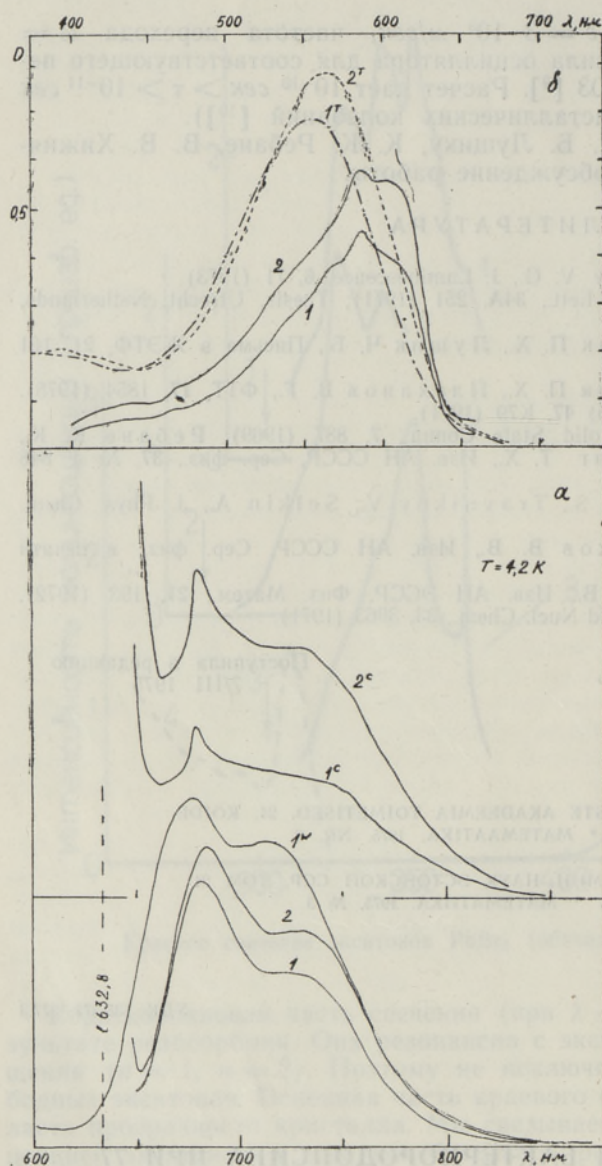
Р. АВАРМАА

## ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ БАКТЕРИОРОДОПСИНА ПРИ 77 И 4,2 К

R. AVARMAA. BAKTERIORODOPSIINI LUMINESTSENTS TEMPERATUURIL 77 ja 4,2 K  
R. AVARMAA. THE LUMINESCENCE OF BACTERIORHODOPSIN AT 77 AND 4.2 K

В мембранных клетках некоторых бактерий сравнительно недавно были обнаружены хромо-липопротеины [1-4], физико-химические свойства которых весьма близки зрительному пигменту — родопсину. Хромофором этого пигмента, по аналогии названного бактериородопсином, является ретиналь, сходный с хромофором родопсина [5]. Насколько нам известно, люминесценция бактериородопсина до сих пор не наблюдалась.

В настоящей работе измерены низкотемпературные спектры люминесценции и возбуждения двух форм бактериородопсина (BR-560 и BR-570), имеющих максимумы спектра поглощения при 560 и 570 нм



соответственно. Глицериновые растворы бактериородопсина в стеклянных ампулах опускались в жидкий азот или в жидкий гелий. Спектры люминесценции и возбуждения измерялись на установке, состоящей из возбуждающего монохроматора МДР-1 и регистрирующего спектрометра ДФС-12. Источником возбуждения служила ксеноновая лампа ДКсШ-1000 или гелий-неоновый лазер ЛГ-75.

Спектры бактериородопсина в глицерине.

*a* — спектры люминесценции при  $T = 4.2 K$ : формы BR-560 при возбуждении ширины  $\Delta\nu_e = 75 \text{ см}^{-1}$  на длине волны  $\lambda_e = 580 \text{ нм}$  (кривая  $1^w$ ), BR-560 ( $1$  и  $1^c$ ) и BR-570 ( $2$  и  $2^c$ ) при лазерном возбуждении  $\lambda_e = 632.8 \text{ нм}$ . Ширина аппаратной функции  $\Delta\nu$  составляла от 4 до 8  $\text{см}^{-1}$ .  
*б* — спектры поглощения при комнатной температуре ( $1^T$  и  $2^T$ ) и возбуждения люминесценции при  $T = 4.2 K$  ( $1$  и  $2$ ) BR-560 и BR-570 соответственно. Люминесценция регистрировалась на длине волны 686 нм. Шкала ординат относится к спектрам поглощения в слое толщиной 1 см. Концентрации растворов одинаковы для всех кривых, кроме  $1^c$  и  $2^c$ , для которых растворы были разбавлены примерно в 10 и 100 раз соответственно.

Свечение регистрировалось с помощью ФЭУ-79 в режиме счета фотонов. Поправки на чувствительность системы регистрации и распределение излучения лампы не учитывались. Спектры поглощения измерялись при комнатной температуре на спектрофотометре Acta MVII фирмы «Beckman».

Уже при азотной температуре была обнаружена люминесценция обеих форм бактериородопсина, а также измерены спектры свечения и возбуждения. При понижении температуры до 4,2 К выход люминесценции увеличился примерно в 20 раз, но вид спектров существенно не изменился. Здесь мы приводим только данные, полученные при 4,2 К (рисунок).

Главный максимум спектра люминесценции расположен около 680—690 нм. По общему виду спектры поглощения и люминесценции зеркально симметричны, а спектр возбуждения качественно повторяет



кривую спектра поглощения бактериородопсина, что свидетельствует о внутримолекулярном характере флуоресценции бактериородопсина.

Изучался также вопрос о неоднородной структуре спектров бактериородопсина. Поскольку линия 632,8 нм попадает в область чисто-электронного перехода, то можно было ожидать снятия неоднородного уширения, аналогично растворам ароматических соединений [6] и хлорофилла [7]. Из рисунка видно (кривые 1 и 1<sup>w</sup>), что максимум спектра люминесценции слегка смещается вместе с изменением частоты возбуждения, т. е. неоднородность, несомненно, в спектрах проявляется.

При уменьшении концентрации растворов лазерное возбуждение привело к возникновению более узкого максимума (кривые 1<sup>c</sup> и 2<sup>c</sup>), но тонкой структуры все же не вызвало. Отметим, что возможности устранения неоднородного уширения в сложных (биологических) молекулярных системах обсуждались в [8].

Основной результат настоящей работы — впервые полученные спектры люминесценции и возбуждения бактериородопсина при 77 и 4,2 К.

Автор весьма признателен А. М. Шкробу за предоставление препаратов и К. К. Ребане за постоянное внимание к работе, а также благодарит Р. Вилу за участие в эксперименте.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Oesterhelt D., Stoeckenius W., Nature New Biol., 233, 149 (1971).
2. Blaurock A. E., Stoeckenius W., Nature New Biol., 233, 152 (1971).
3. Kushawa S. C., Kates M., Biochim. Biophys. Acta, 316, 235 (1973).
4. Kayushin L. P., Sibeldina L. A., Lasareva A. B., Vsevolodov N. N., Kostikov A. C., Richireva G. T., Chekulaeva L. N., Studia Biophys., 42, 71 (1974).
5. Wolken J. J., Nakagawa C. S., Biochem. Biophys. Res. Commun., 54, 1262 (1973).
6. Персонов Р. И., Альшиц Е. И., Быковская Л. А., Письма в ЖЭТФ, 15, 609 (1972).
7. Авармаа Р., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 23, 93 (1974).
8. Avarmaa R., Rebane K., Studia Biophys., 48, 209 (1975).

Институт физики  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
7/IV 1975