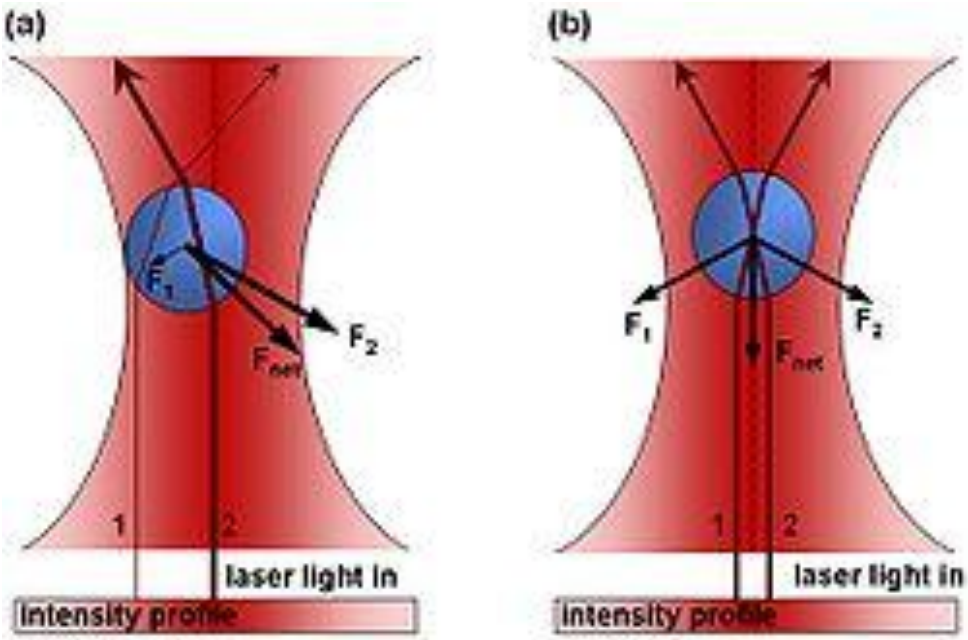
Laser damage of living cells. Tentative assignment of action spectrum.

R.V. Ambartzumian
P.N.Lebedev Physical Institute
Moscow RF

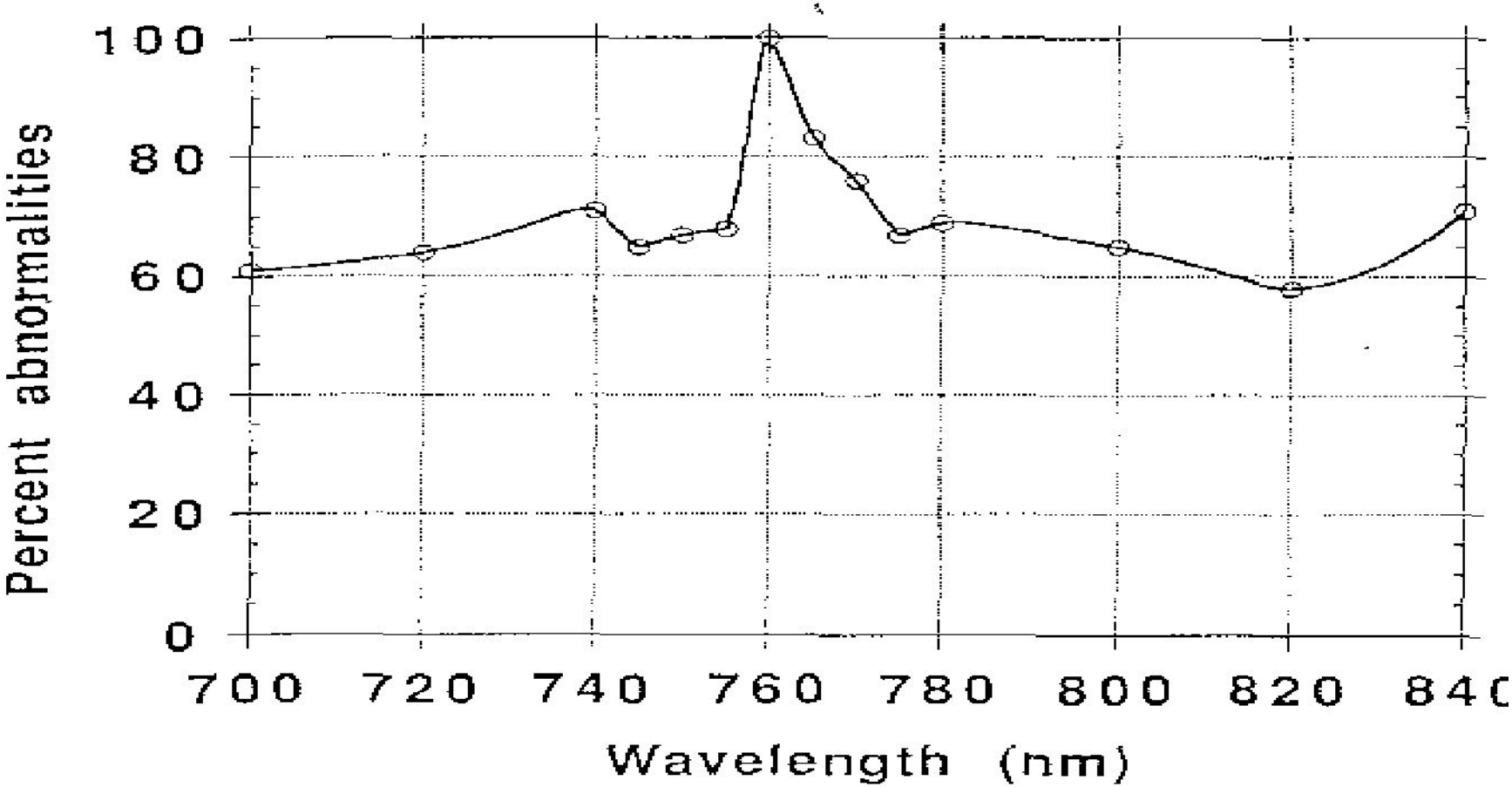
Оптический пинцет
Схема удержания



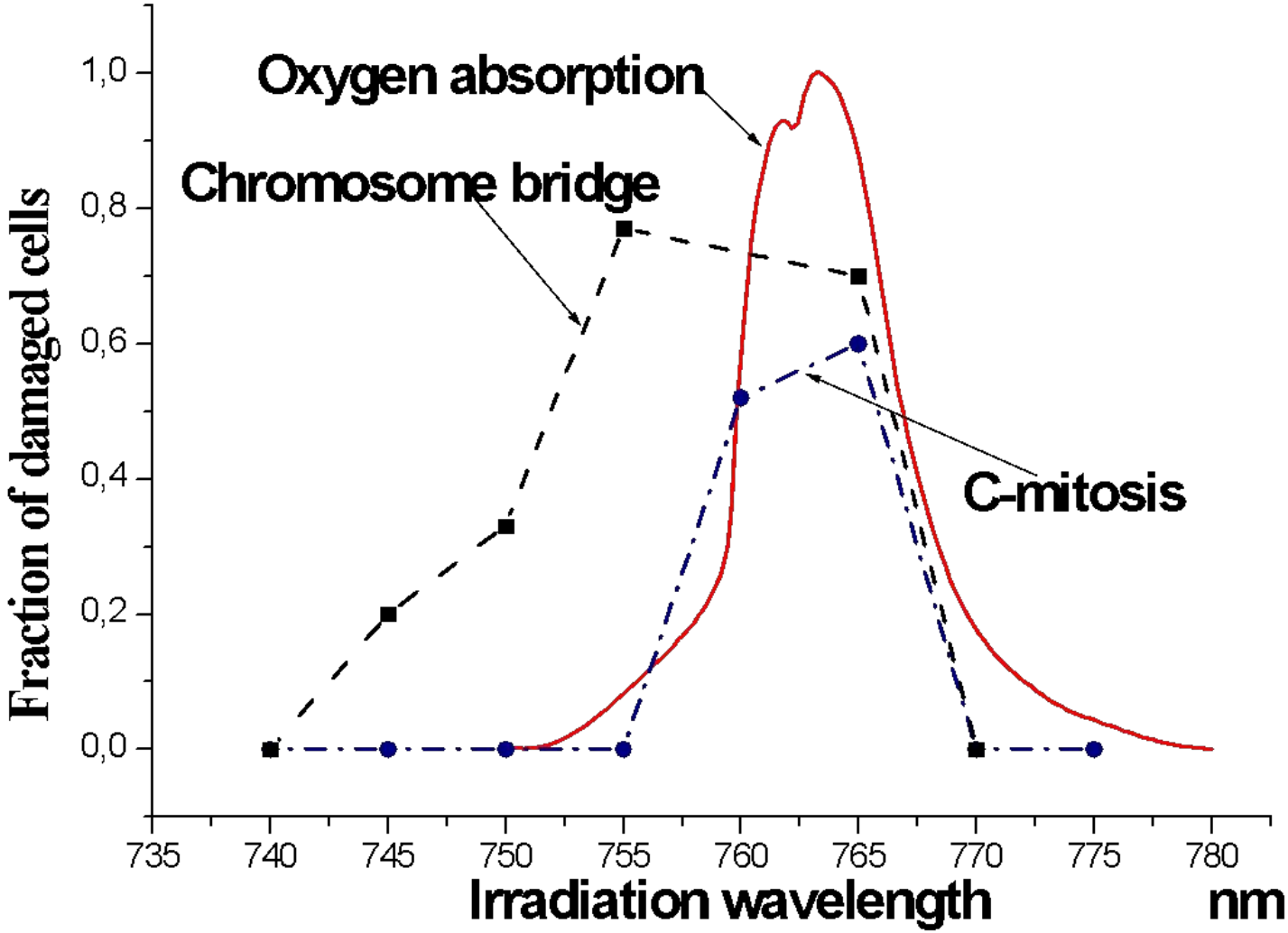
Повреждения клеток как функция длины волны и длительности

Expo-sure time	Results of chromosome trapping	Wavelength (*nm*)													
		700	720	740	745	750	755	760	765	770	775	780	800	820	840
5-30 s	C-mitosis	0	0	0	0	0	0	9 53%	3 60 %	0	0	0	0	0	0
	Chromo-some bridge		4	12	12	9	11	8	2	6	6	6	1	1	7
	Normal division	1	5	1	3	3	2	0	0	1	2	4	2	2	5
0.3-2 s	Chromo-some bridge			0%	1 20 %	1 33 %	4 44 %	21 100 %	10 77 %	7 70 %	0%				
	Normal division			4	4	2	5	0	3	3	3				

Plot of the percent of abnormal mitoses induced with different wavelengths under constant power of 130 mW. All cells were exposed for 0.3 to 300sec.



Реальный спектр действия и аппроксимация



Количественные характеристики процесса возбуждения

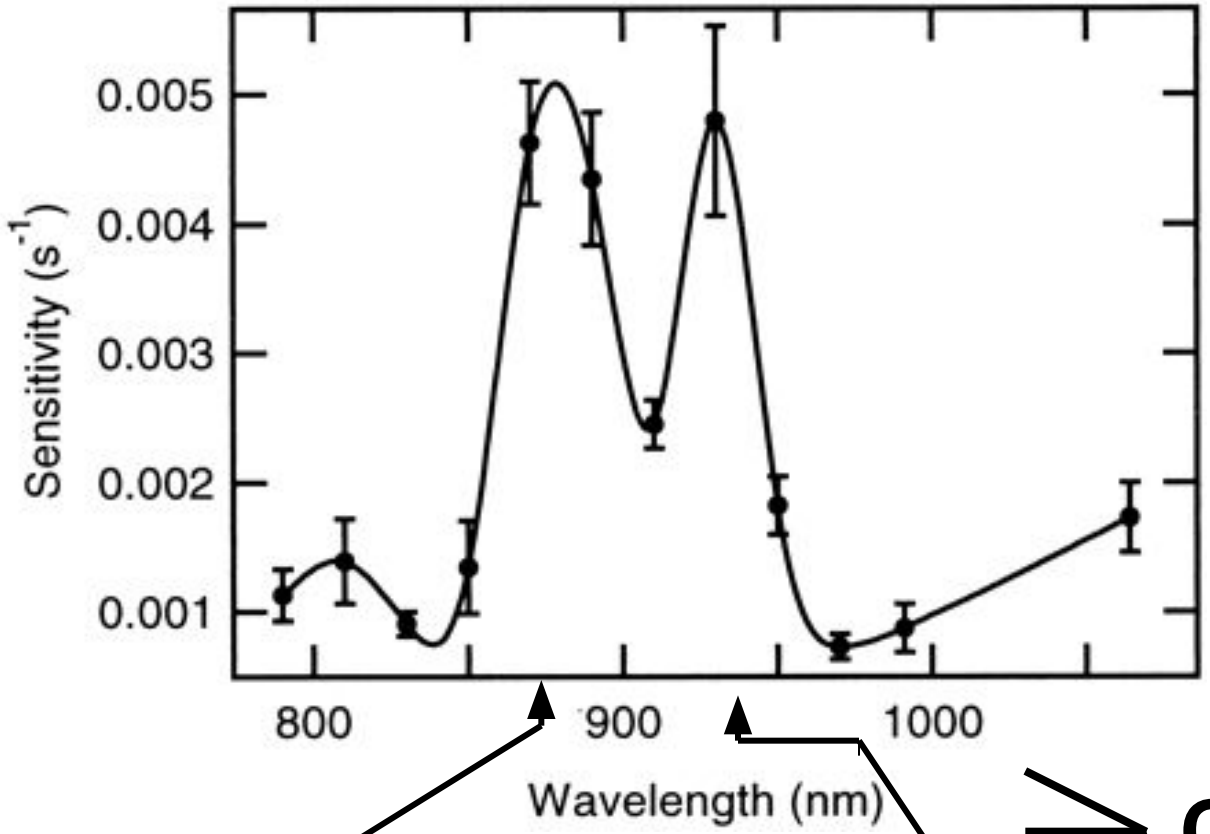
E_{sat}=hv/2σ=2.5x 10^{-19}/2x10^{-24}=
=1.2x10^5 J/cm^2

Типичные потоки--18-720x10^8 J/cm^2

Превышение 10^4-10^5 раз

Вывод: весь кислород в области фокуса перешел в синглетное состояние включая продиффундировавший

Дополнительные линии поглощения в клетках *e-coli*



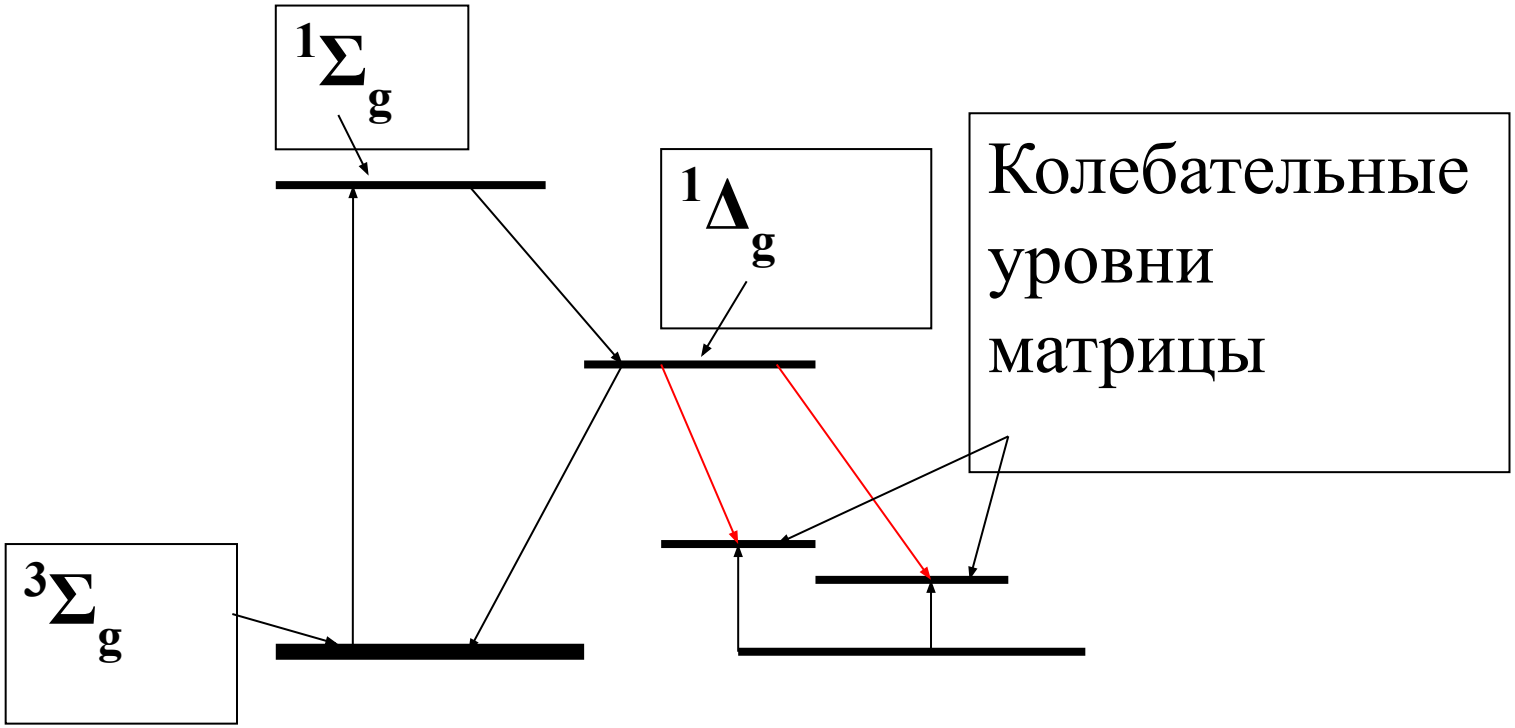
—O— H

3680 cm^{-1}

>C— H

2969 cm-1

Сателлитные переходы в кислороде в растворителе (матрице)



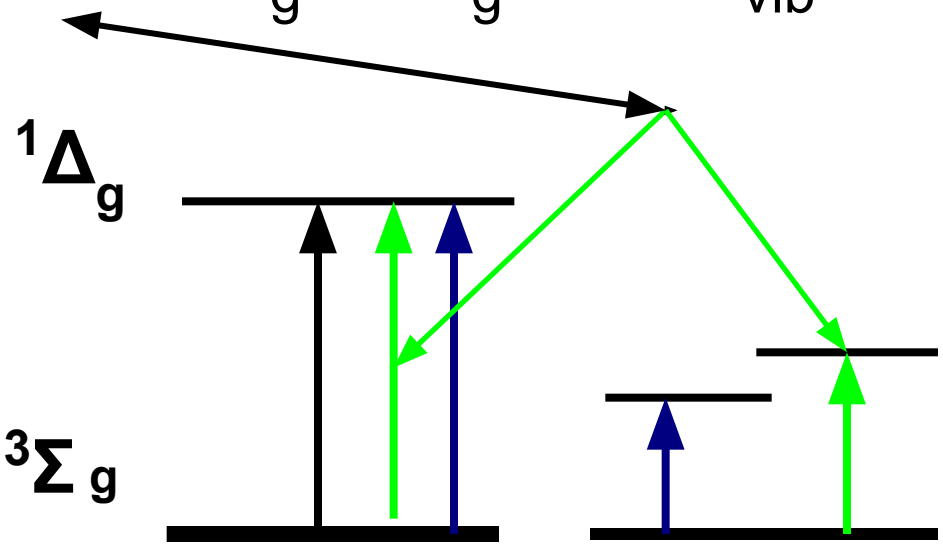
Сателлитные линии в спектре флуоресценции O_2

Solvent	Normal band		Solvent induced band (0,0)' λ_{max} (μm)	$\Delta\nu$ (cm^{-1})			Emission intensity ratio (00)'/(00)
	(0,0) λ_{max} (μm)	(0,1) λ_{max} (μm)		[F]	[Cl]	[Br]	
$C_{10}F_{18}$	1.28	1.59	1.49	1101			≈1/550
$C_2F_3Cl_3$	1.28	1.59	1.42		770		
			1.49	1101			
CCl_4	1.28	1.59	1.42		770		≈1/300
$CDCl_3$	1.28	1.59	1.42		770		≈1/300
$C_2F_4Br_2$	1.28	1.59	1.37			513	
			1.49	1101			
Characteristic bond stretching vibrational frequency (cm^{-1})				C-F 1100	C-Cl 650	C-Br 560	

Обратный процесс

- Одним квантом возбуждается электронный уровень O_2 и колебательный уровень матрицы

$$h\nu \rightarrow ({}^1\Delta_g \leftarrow {}^3\Sigma_g) = \hbar\omega_{vib}$$

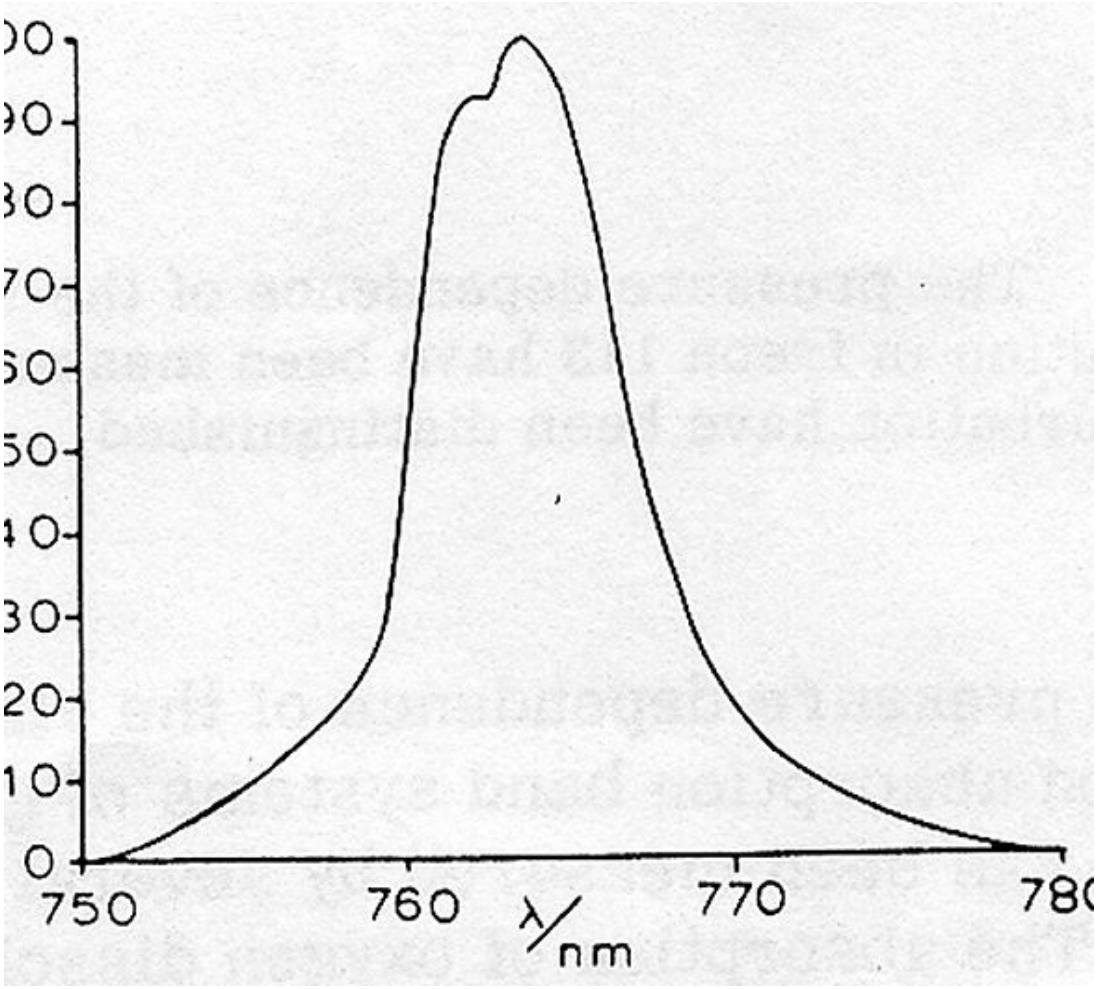


Проявляются новые слабые переходы

Эффективность клонирования клеток

mW	88	176	88	88	176	88	176	88	176	176
Min	1	1	3	5	3	10	5	20	10	20
*ED	18	36	54	90	108	180	180	360	360	720
λ (nm)										
700	70**	70	35	25	30	20	15	5	9	0
740	60	20	10	0	0	0	0	0	0	0
760	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
800	80	70	70	60	30	50	20	15	30	0
820	100	75	90	80	60	50	30	20	20	10
850	100	100	80	70	50	50	40	40	20	0
900	90	80	60	20	20	10	0	0	0	0
950	100	100	100	90	90	70	80	60	60	40
990	100	100	100	100	80	90	75	70	60	20
1064	90	90	60	20	30	8	0	0	0	0

Спектр поглощения растворенного кислорода в CF_3CCl_3



Заключение

- Экспериментальные данные по повреждению живых клеток удовлетворительно описываются в рамках возбуждения молекулярного кислорода в синглетные состояния путем прямых переходов в O_2 и путем возбуждения сателлитных переходов с возбуждением колебательных уровней среды.

References

- I A Vorobjev, H Liang, W H Wright and M W Berns; *Biophysical Journal* 64: 533-538 (1993)
- Hong Liang, Ky Trong Vu, P. Krishnan, Tina Ching Trang, D. Shin, S. Kimel, M.W. Bernce; Biophysical Journal , **v.70**, p.1529-1533;(1966)
- K. C. Neuman, E. H. Chadd, G. F. Liou, K. Bergman, S. M. Block; Biophys. J. (1999) **v.77**: 2856-2863.
- I.B.C.Matheson, J.Lee: Chem. Phys .Lett.**v.8**, p.173-75 91971)
- Chou P-T., Frei H.; Chem. Phys. Lett., **v.122**, p. 87-92.(1985)
- M.Bodesheim, R.Schmidt; J Phys Chem, **v.101** (1997), p.5672-77
- R.D.Scurlock, B.Wang, P.R.Ogilby, JACS **v.118**, p.388-92, (1996)
- Chou P.T.and A.U.Khan; Chem Phys Lett, **v.103** p.281-84, (1984)