Электромагнитная калориметрия на основе сцинтилляторов вольфрамата свинца $PbWO_4$ (PWO) при различных температурах

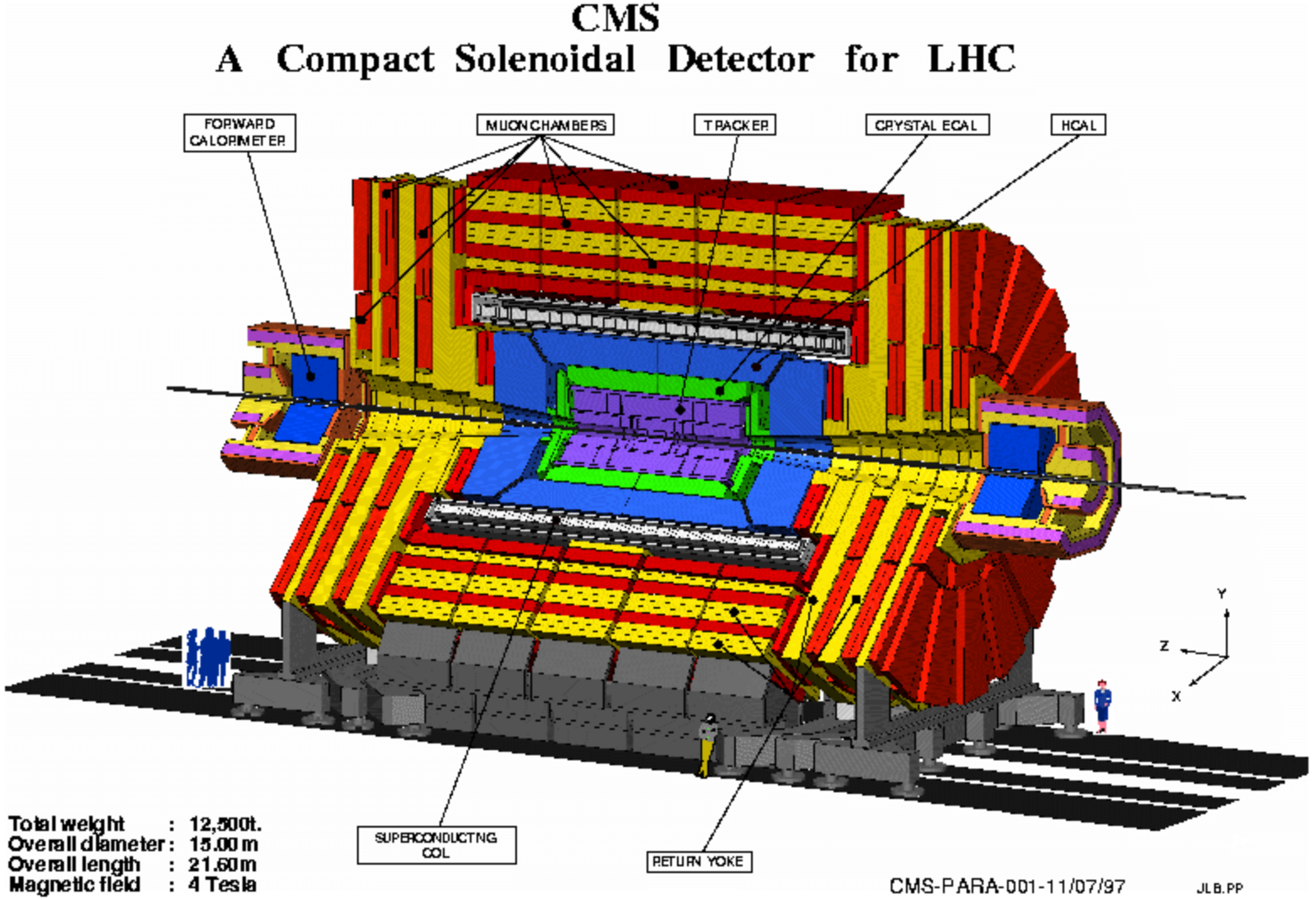
В. А. Мечинский[1], Э. Ауффрей[2], А. Е. Борисевич[1], В. И. Дорменев[3], А. А. Фёдоров[1], М. В. Коржик[1], Д. Ю. Козлов[1]

1 - НИИ ЯП БГУ, Минск, Беларусь

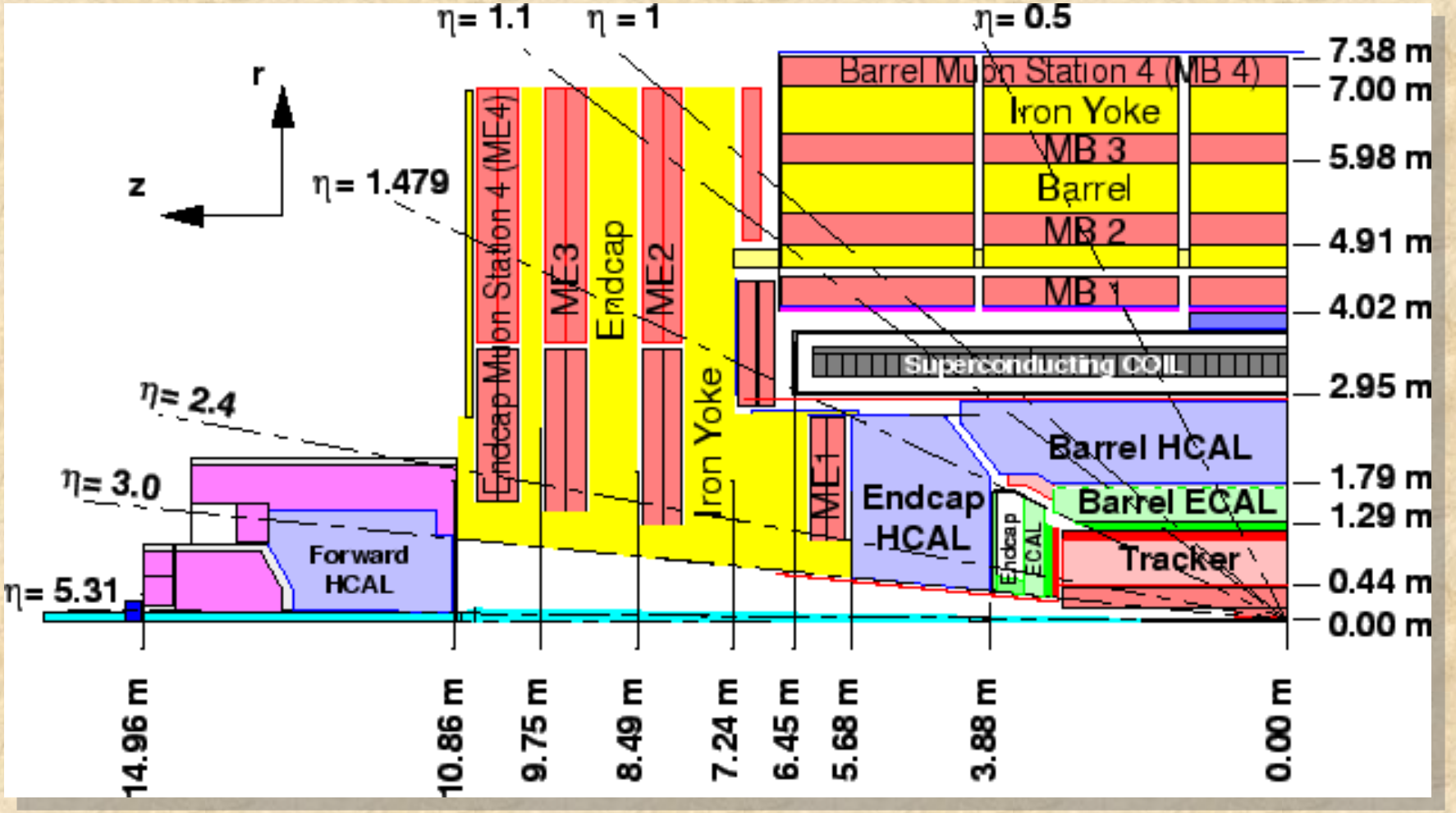
2 – CERN, Geneva, Switzerland

3 - Justus Liebig University, 2nd Physics Institute, Giessen, Germany

CMS


CMS
A Compact Solenoidal Detector for LHC
FORWARD CALORIMETER
MUON CHAMBERS
TRACKER
CRYSTAL ECAL
HCAL
SUPERCONDUCTNG COIL
RETURN YOKE
Total weight : 12,500t.
Overall diameter : 15.00 m
Overall length : 21.60m
Magnetic field : 4 Tesla
Y
Z
X
CMS-PARA-001-11/07/97
JLB.PP

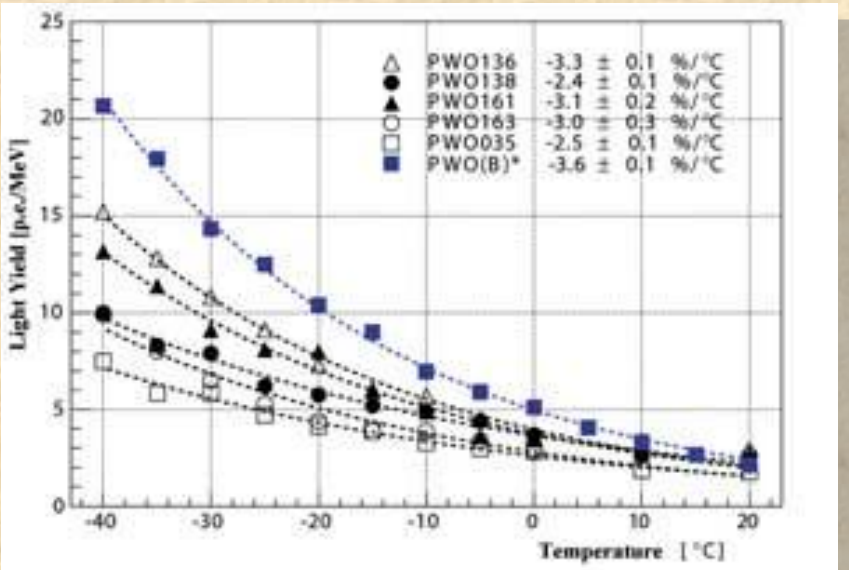
CMS


η= 1.1
η = 1
η= 0.5
r
z
η= 1.479
Barrel Muon Station 4 (MB 4)
Iron Yoke
MB 3
Barrel
MB 2
MB 1
7.38 m
7.00 m
5.98 m
4.91 m
4.02 m
Superconducting COIL
2.95 m
η= 2.4
η= 3.0
η= 5.31
Endcap Muon Station 4 (ME4)
ME3
Endcap
ME2
Iron Yoke
ME1
Endcap HCAL
Barrel HCAL
Barrel ECAL
Endcap ECAL
Tracker
Forward HCAL
1.79 m
1.29 m
0.44 m
0.00 m
14.96 m
10.86 m
9.75 m
8.49 m
7.24 m
6.45 m
5.68 m
3.88 m
0.00 m

Световыход и кинетика сцинтилляций

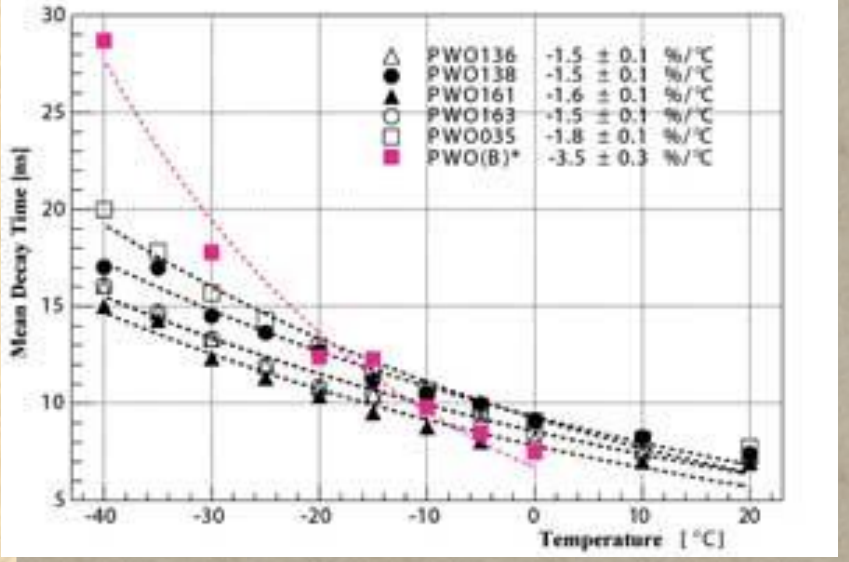
Изменение световыхода PWO:

d(LY)/dT = -2 ÷ -4% /C°

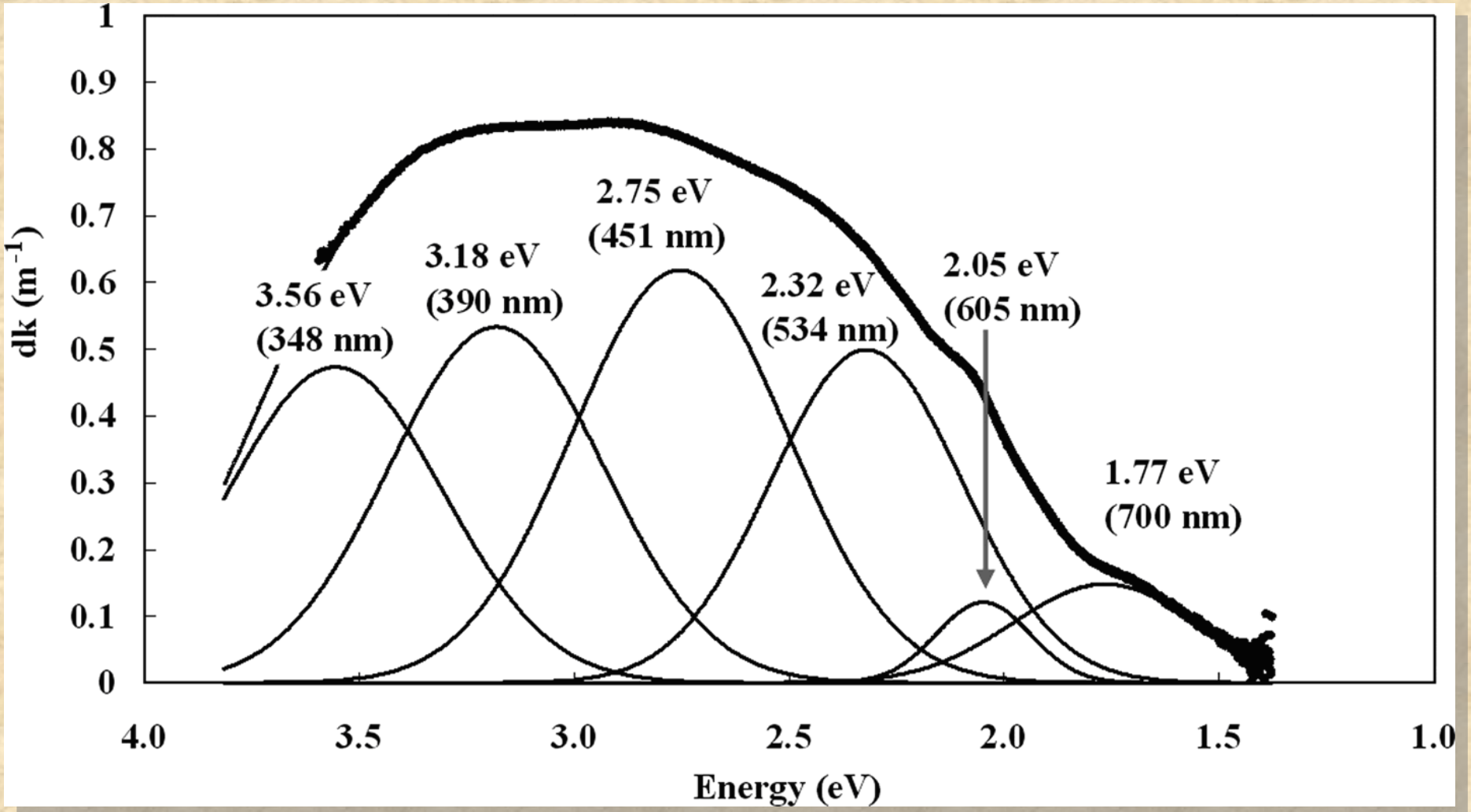


Изменение кинетики сцинтилляций PWO:

d(τ)/dT = -1.5 ÷ -3.5% /C°

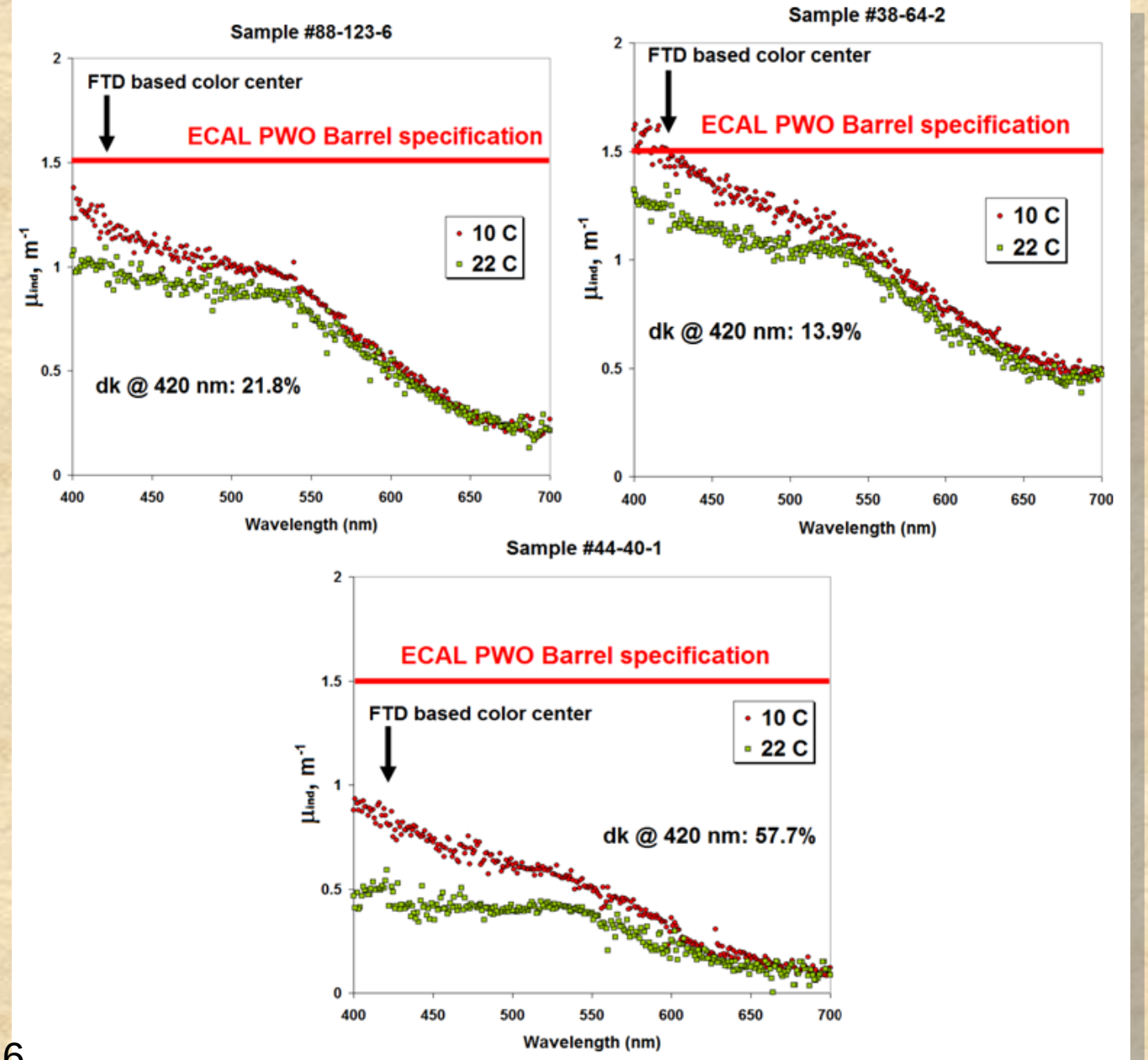


Радиационное поражение PWO

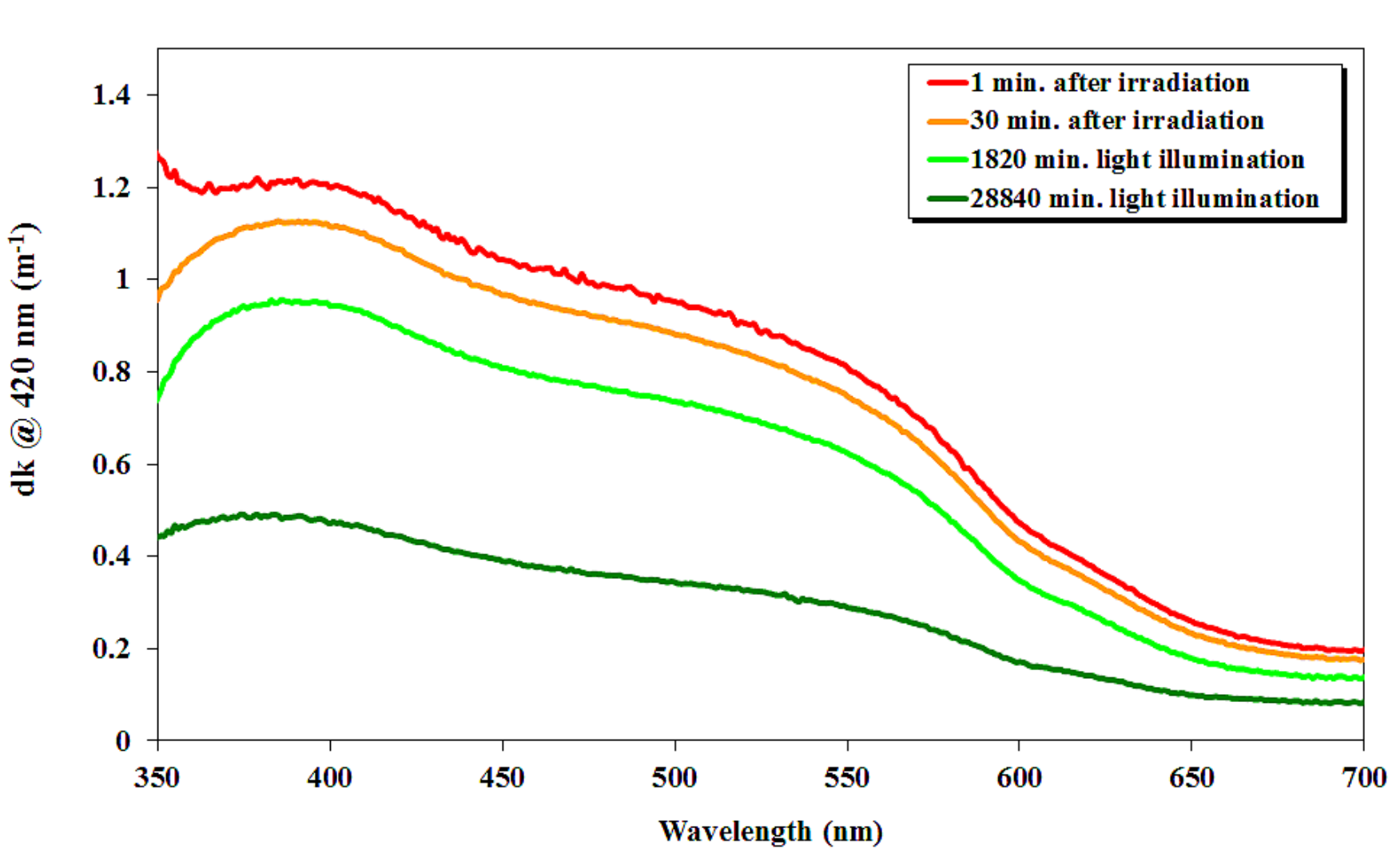


Borisevitch A.E. et al., Maintaining low radiation damage of lead tungstate scintillation crystals operating in high dose rate radiation environment // Nuclear Science Symposium Conference Record (NSS/MIC), 2010 IEEE, Knoxville, USA

Радиационное поражение PWO

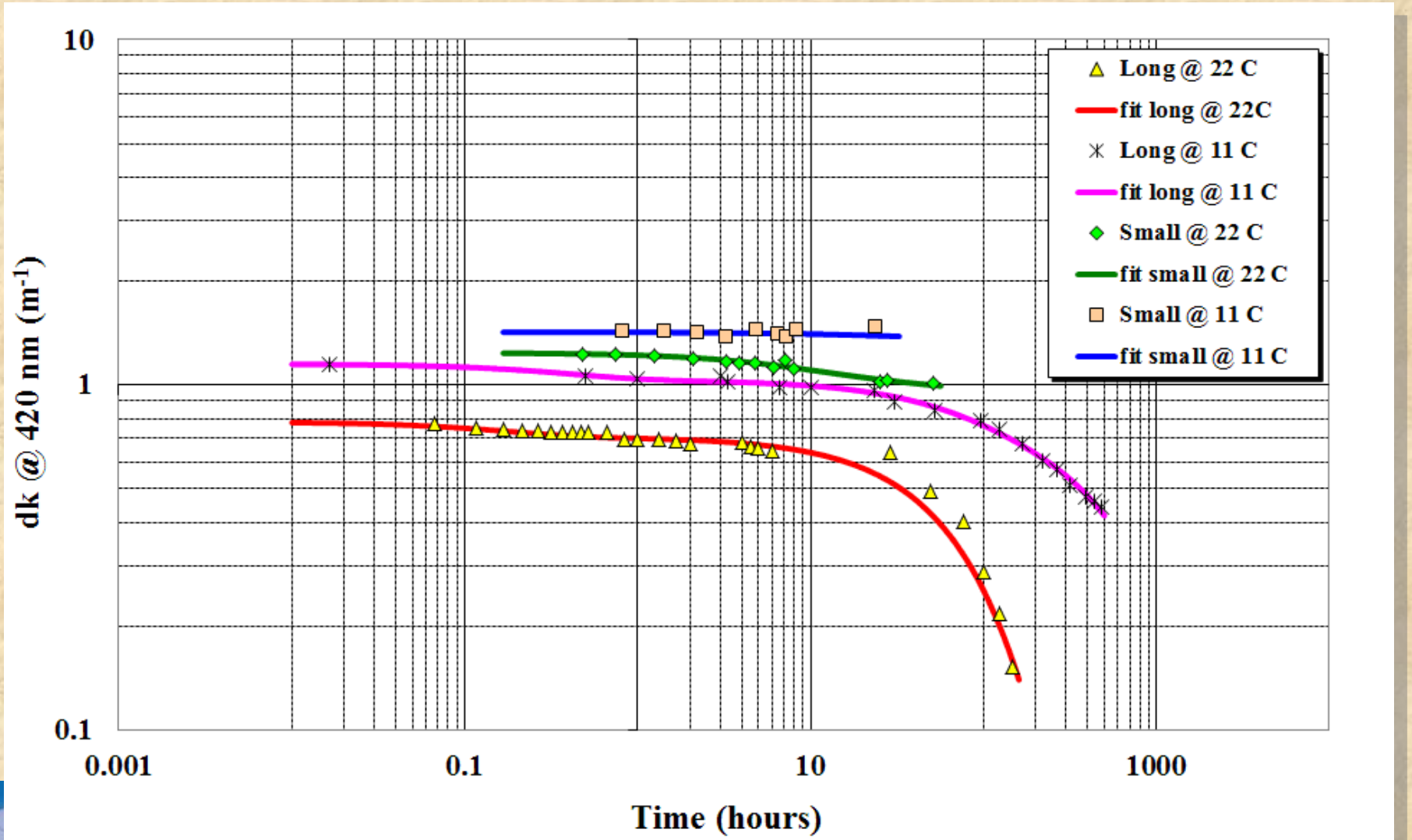


Радиационное поражение PWO

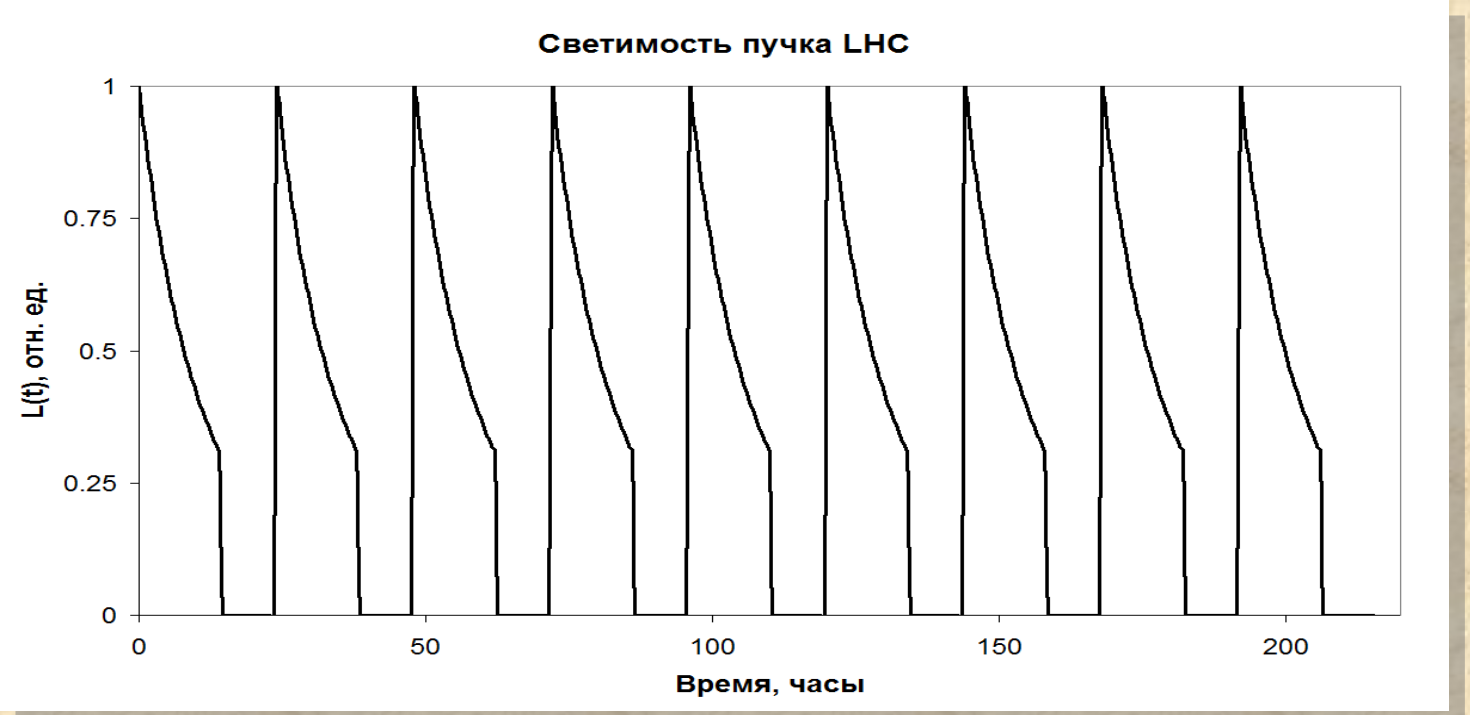


10° C

Радиационное поражение PWO



Цикл работы LHC



$$L(t) = L_0 \cdot \left(\frac{N(t)}{N_0} \right)^2 \qquad N(t) = N_0 \cdot \frac{e^{-\frac{t}{t_g}}}{1 + \frac{t_g}{t_{bb}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{t_g}} \right)}$$

t_g = 43 часа

t_{bb} = 40 часов

D.J.A. Cockerill, Estimates for the changes in light yield from the CMS ECAL during LHC operation // CMS Internal Note, CMS IN -2010/026

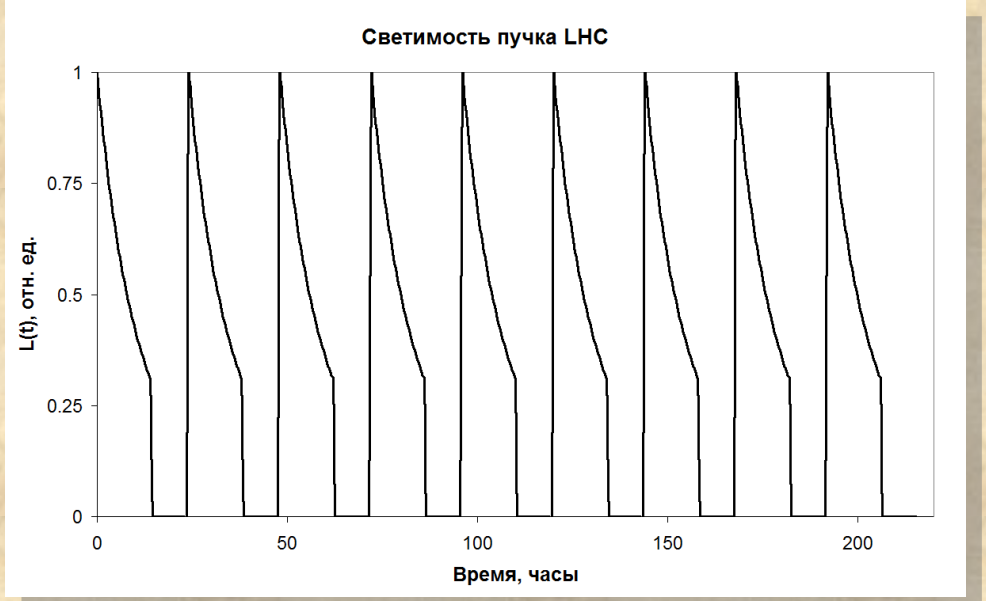
Радиационное поражение в цикле LHC

$$k_{1,2}^{irr}(t) = \left(k_{1,2}^{\max} - k^{*}\right) \cdot \frac{S}{S + \frac{1}{\tau_{1,2} \cdot b}} \cdot \left(1 - e^{-\left(\frac{1}{\tau_{1,2}} + S \cdot b\right) \cdot t}\right)$$

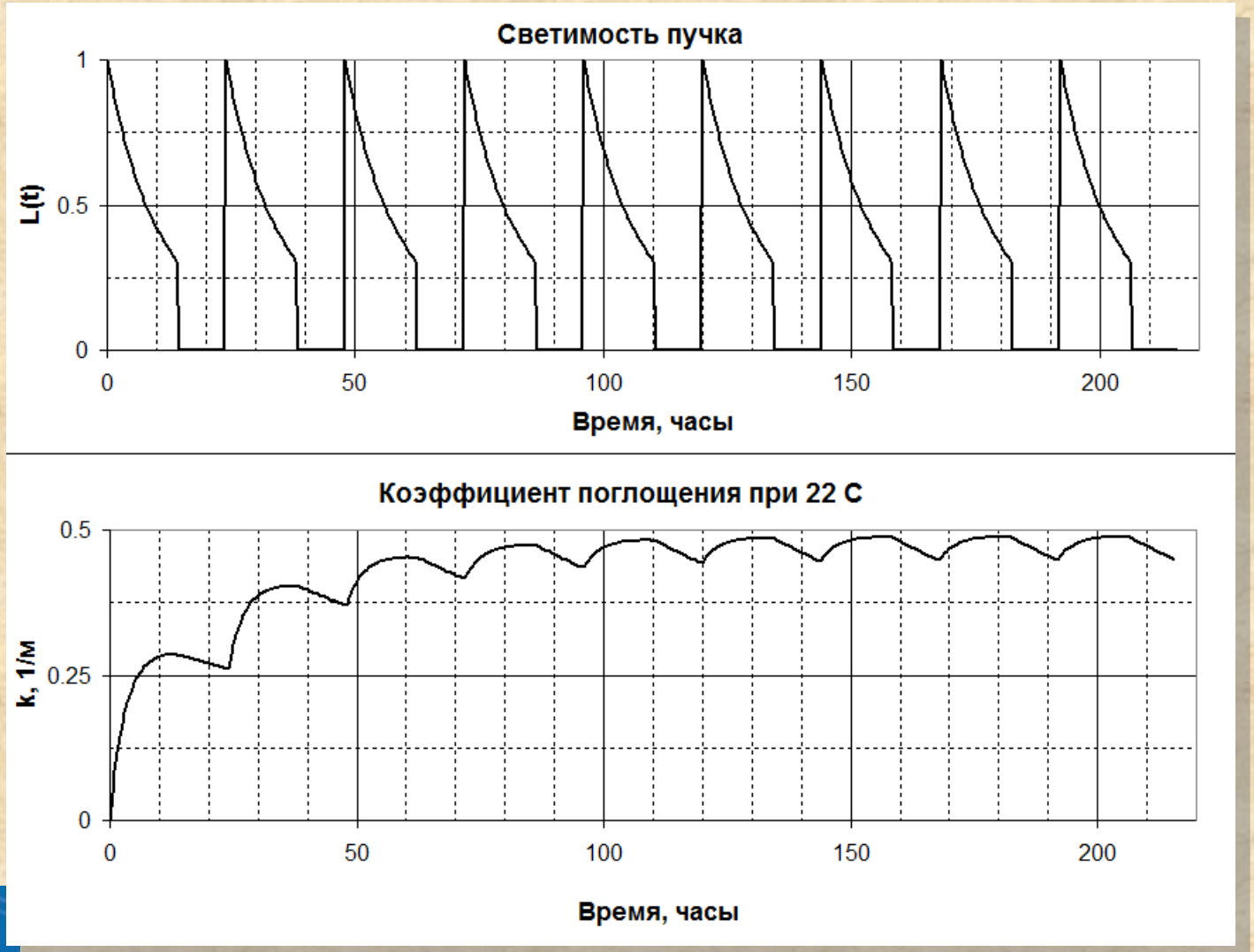
$$k_{1,2}^{rec}(t) = k_{end}^{*} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\tau_{1,2}}\right)}$$

b = 1,32 Гр$^{-1}$

D.J.A. Cockerill, Estimates for the changes in light yield from the CMS ECAL during LHC operation // CMS Internal Note, CMS IN -2010/026.

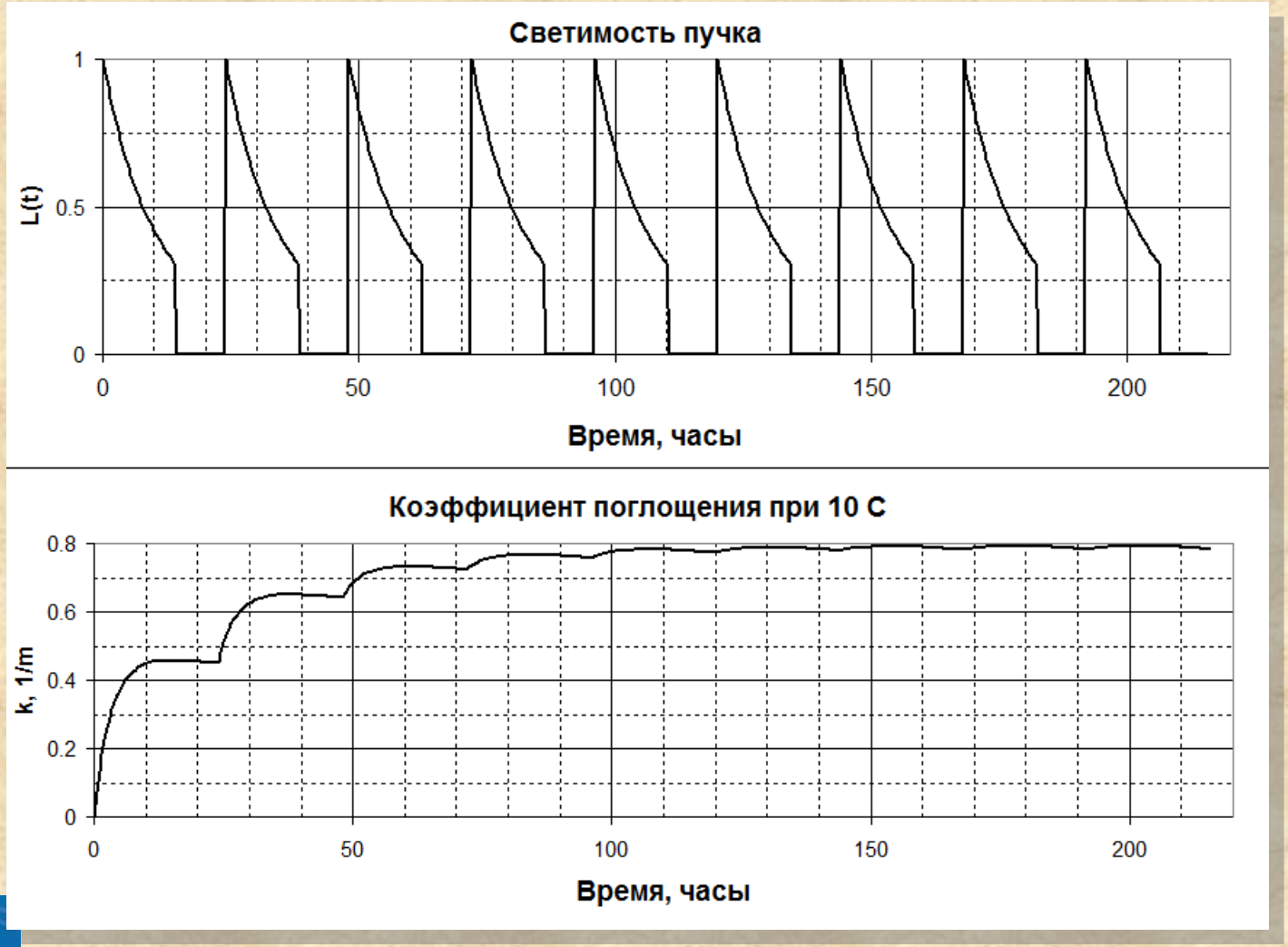


Радиационное поражение в цикле LHC



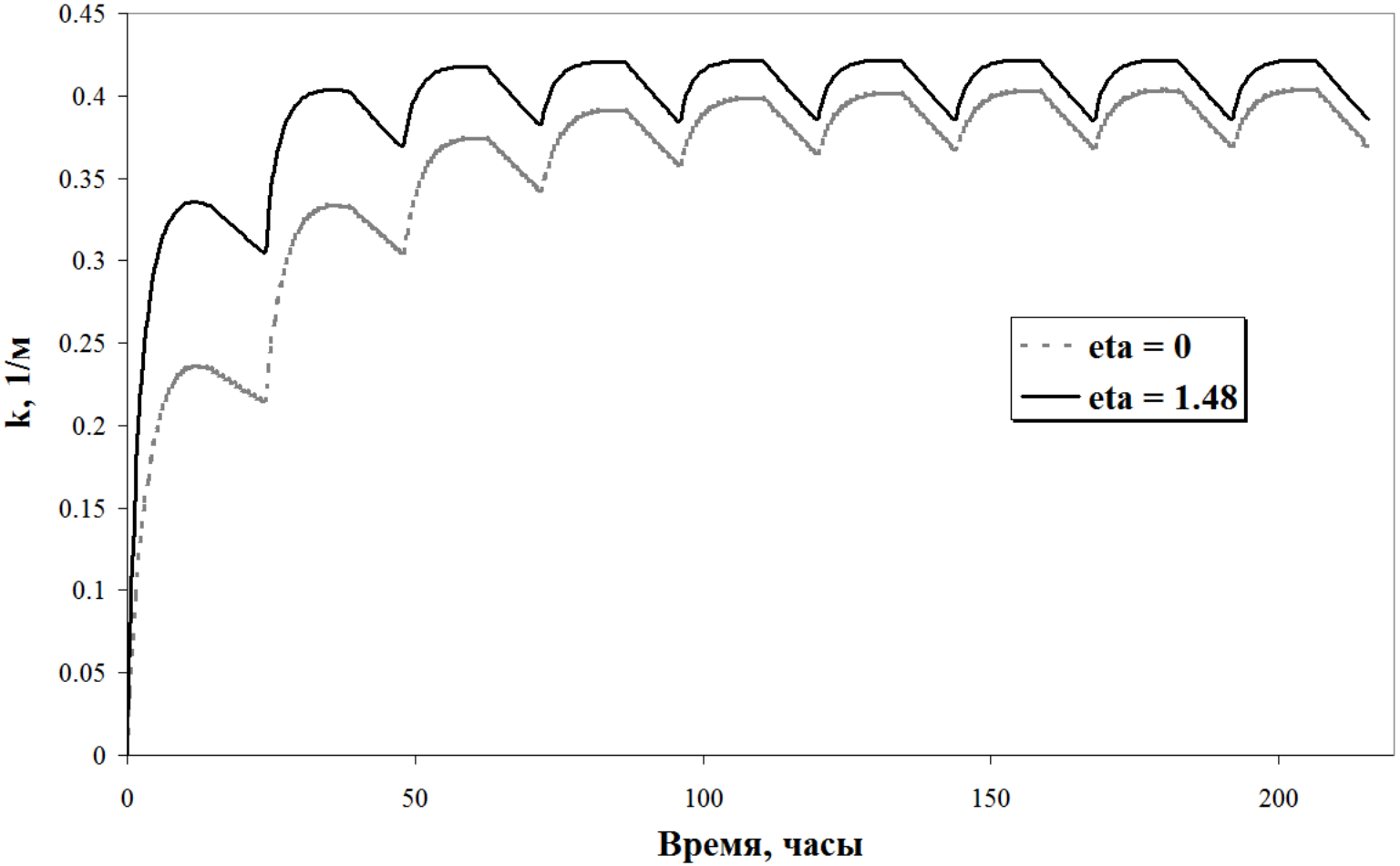
22° C @ eta = 0, 420 нм

Радиационное поражение в цикле LHC



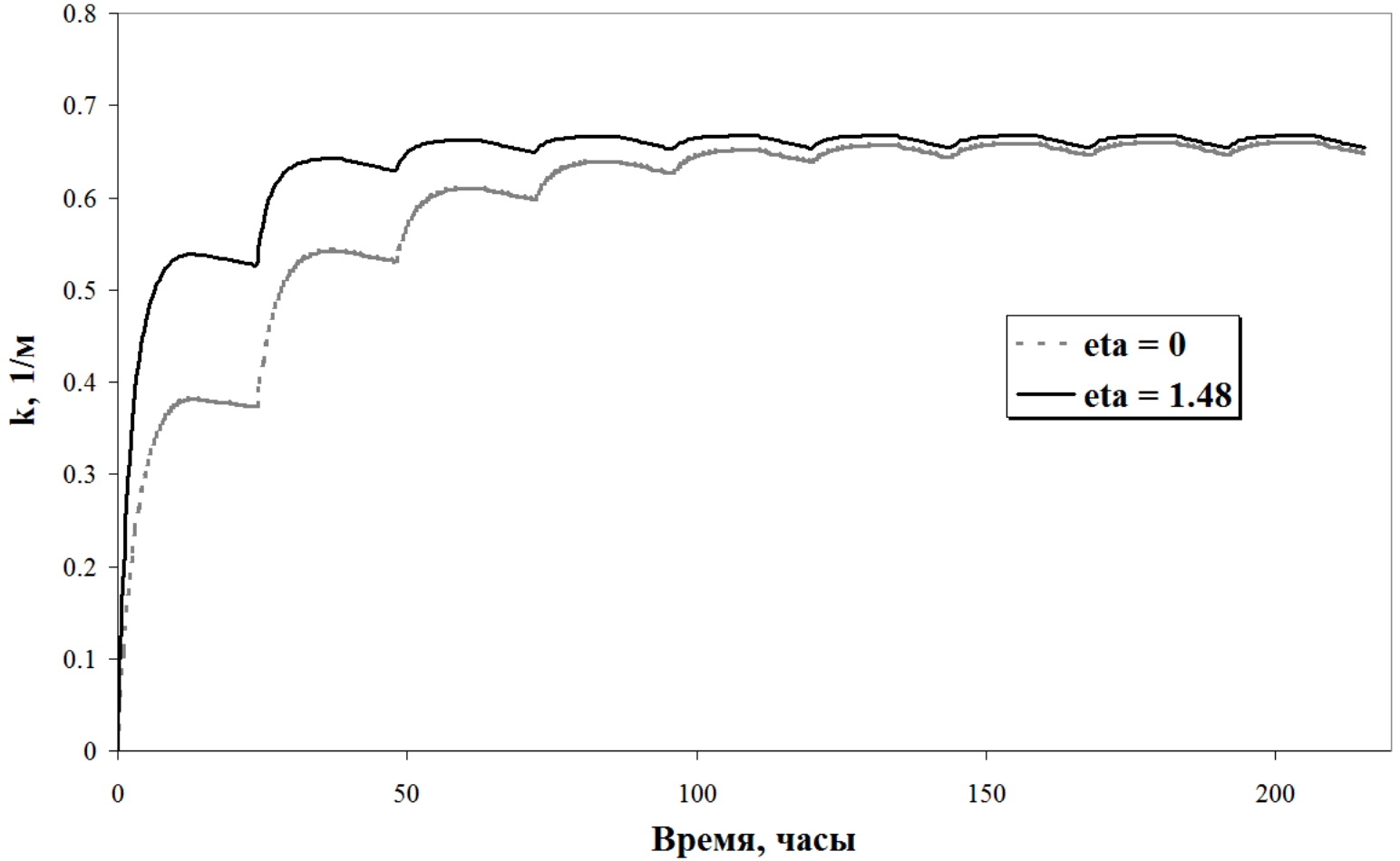
10° C @ eta = 0, 420 нм

Радиационное поражение в цикле LHC



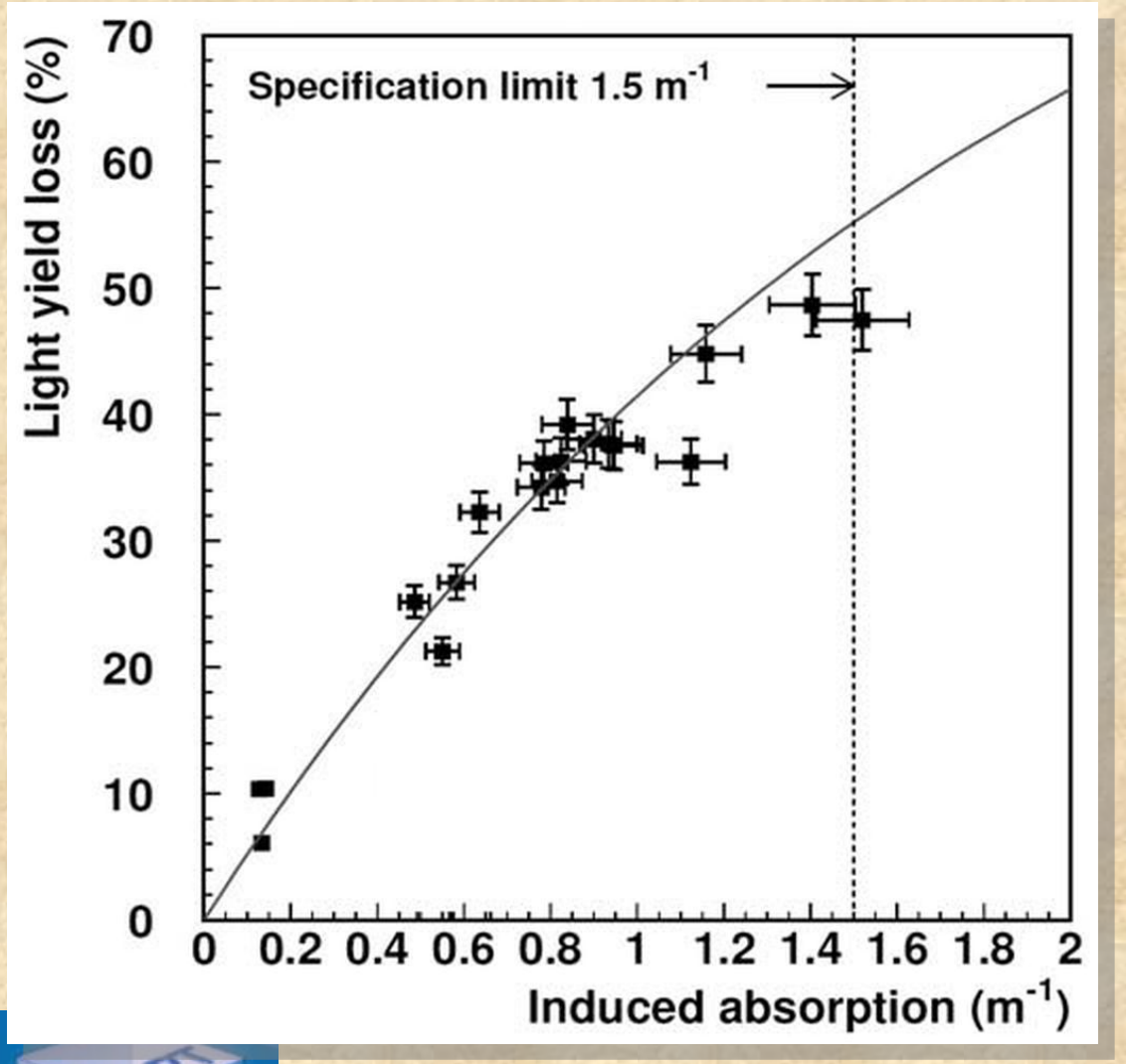
22° C @ 420 нм

Радиационное поражение в цикле LHC



10° C @ 420 нм

Световыход PWO в цикле LHC

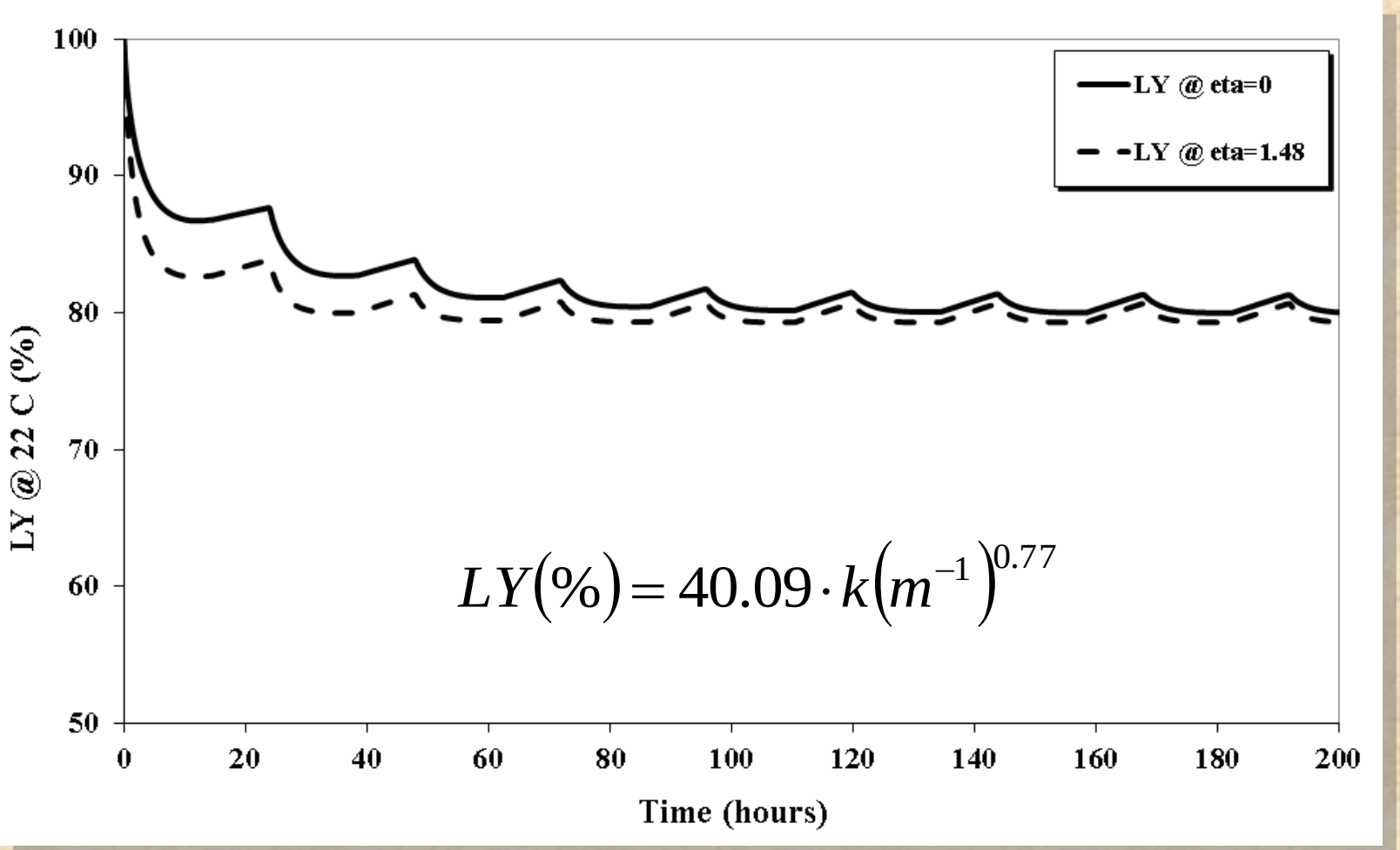


420 нм

$$LY(\%) = 40.09 \cdot k\left(m^{-1}\right)^{0.77}$$

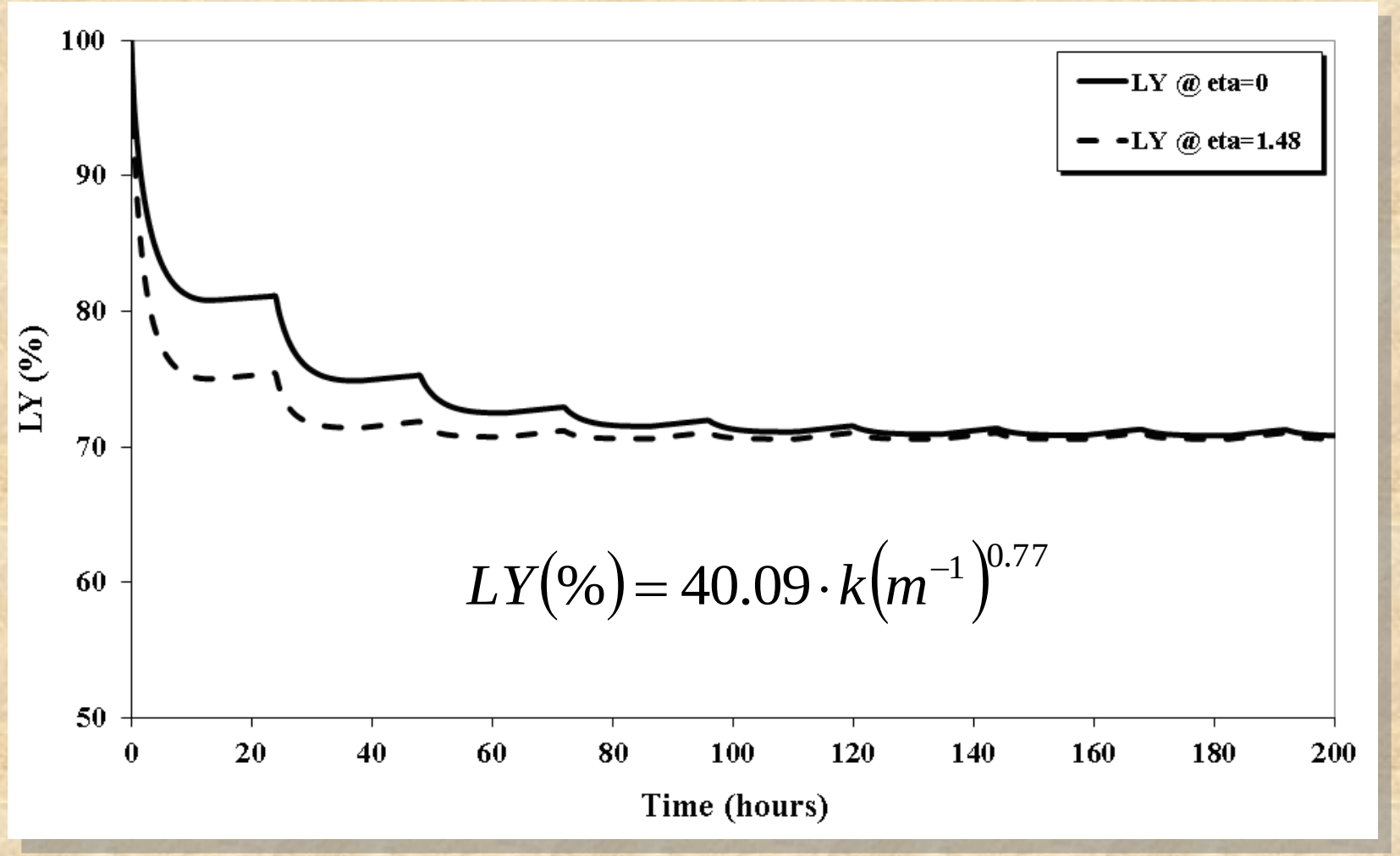
E. Auffray, Various results on Endcap crystals // ECAL Detector Performance Group meeting, 11.6.2002

Световыход PWO в цикле LHC



22° C

Световыход PWO в цикле LHC



10° C

Выводы

- Было исследовано влияние снижения температуры ECAL Barrel CMS ($\eta = 0 \div 1{,}48$) до 10° C на динамику радиационного поражения PWO.
- Расчёты показывают увеличение потерь световыхода PWO на 10% при снижении температуры до 10° C при $\eta = 0$ за счёт замедления спонтанного восстановления радиационного поражения.
- Эти потери будут компенсированы увеличением собственного световыхода PWO.
- Динамика изменения световыхода ECAL Barrel выходит на насыщение после 80 ч и 130 ч для температур 22° C и 10° C соответственно.
- В концевых зонах ECAL Barrel выход на насыщение происходит быстрее за счёт большей дозовой нагрузки по сравнению с областями $\eta = 0$.
- Вариации световыхода от спила к спилу при выходе на квазистационарный режим меньше при 10° C, что облегчит мониторинг детектора.