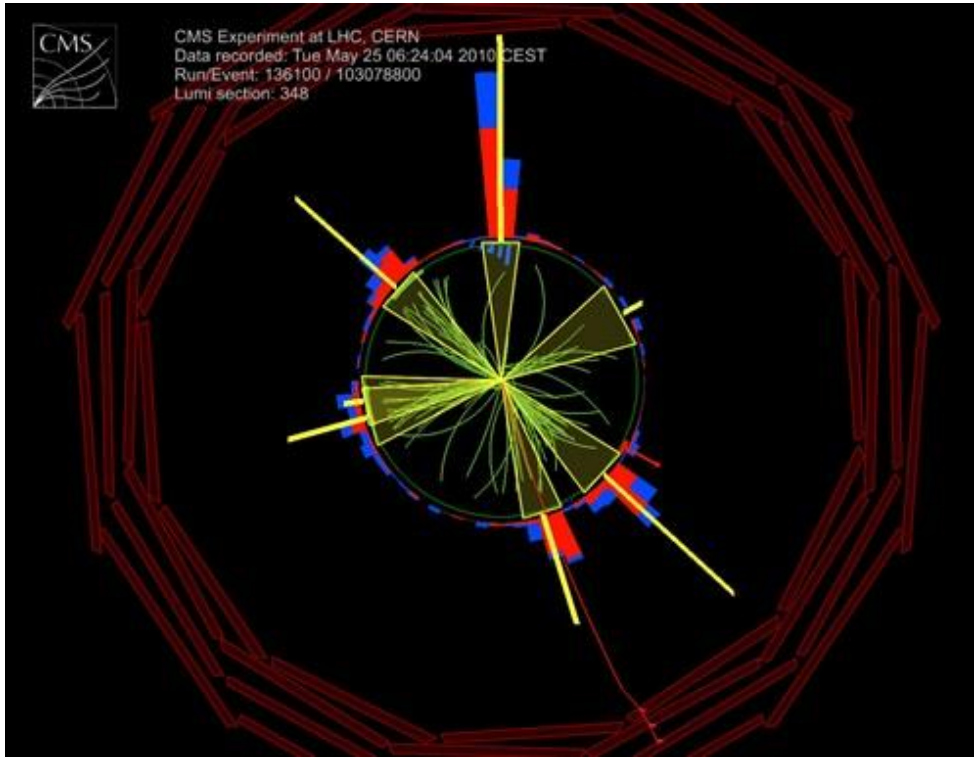
ВМЕСТО ПРОЛОГА...

CMS-2012 vs. Euro-2012



?

"Финансирование НАН Украины не обеспечивает даже минимальных потребностей Академии. Из-за этого ряд важных государственных целевых научно-технических программ, фундаментальных и прикладных исследований … сокращается более чем в 20 раз …"

«Уже сегодня сообщают о том, что Украина потратила на Евро-2012 порядка 10 млрд. долларов.»

Зарплата (годовая) любого футболиста основного состава «Динамо» или «Шахтера» превышает годовой фонд заработной платы любого института НАН Украины

Председатель профсоюза научных работников НАНУ

Нужна ли Украине фундаментальная наука (в частности, физика высоких энергий)?

Стоит ли участвовать в научных программах ЦЕРН (в частности, в эксперименте CMS)?

The Compact Muon Solenoid Experiment at the LHC

Эксперимент CMS и участие в нем Украины

Л.Г.Левчук

ННЦ Харьковский физико-технический институт НАН Украины, г. Харьков, Украина

1. Стандартная модель частиц и эксперимент CMS

2. Разработка и сооружение детектора CMS

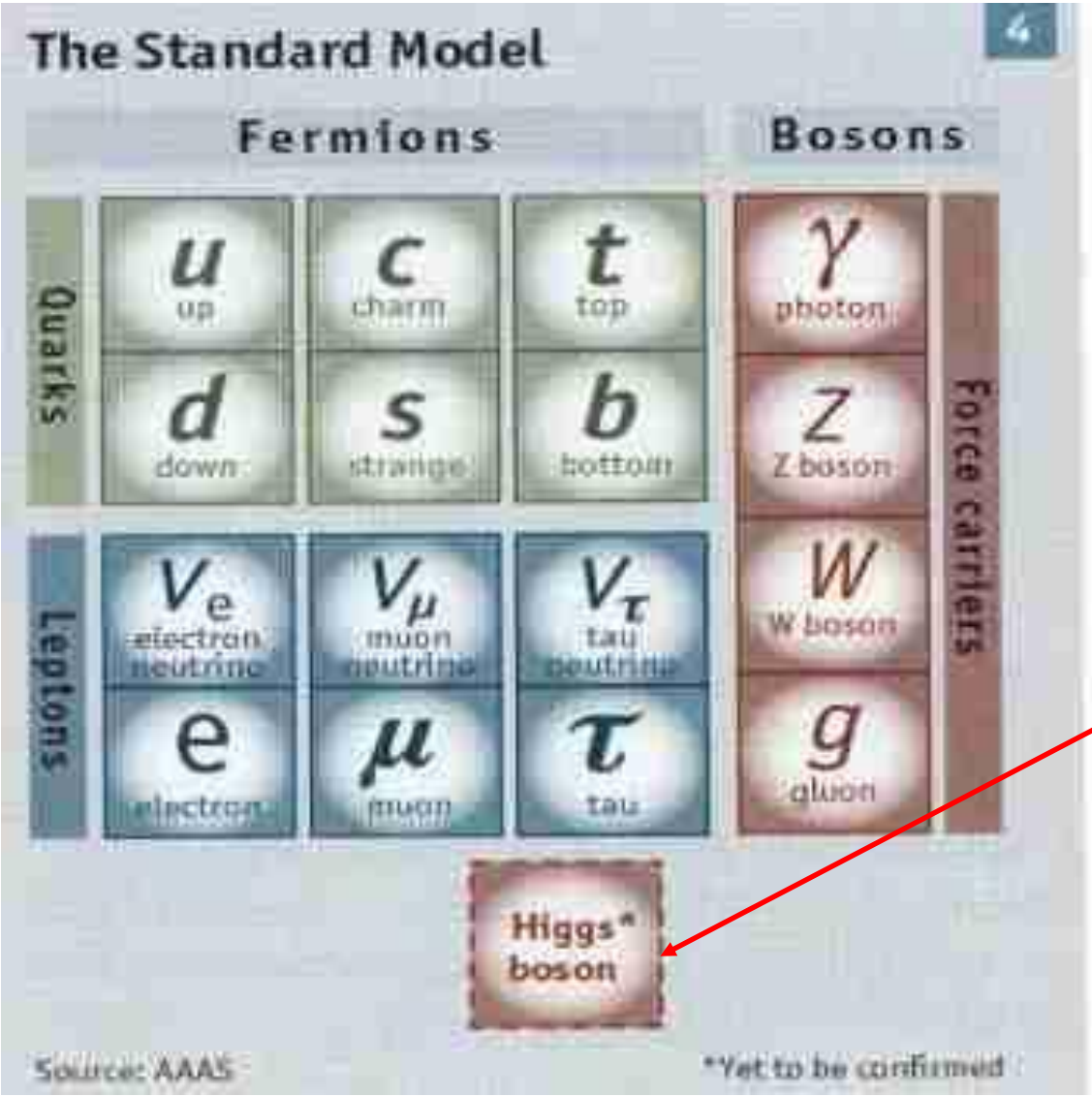
3. Проблема обработки данных с БАК и грид-инфраструктура эксперимента CMS

4. Анализ данных эксперимента CMS

1. Стандартная модель частиц и эксперимент CMS

ПРИРОДА МИКРОМИРА

(«Стандартная модель» частиц)



?

Владимир Александрович Фок (1898 – 1974 гг.) – один из авторов формулировки т.н. калибровочного принципа, составляющего фундамент Стандартной модели

СОСТАВ ВСЕЛЕННОЙ
(«Стандартная космологическая модель»)

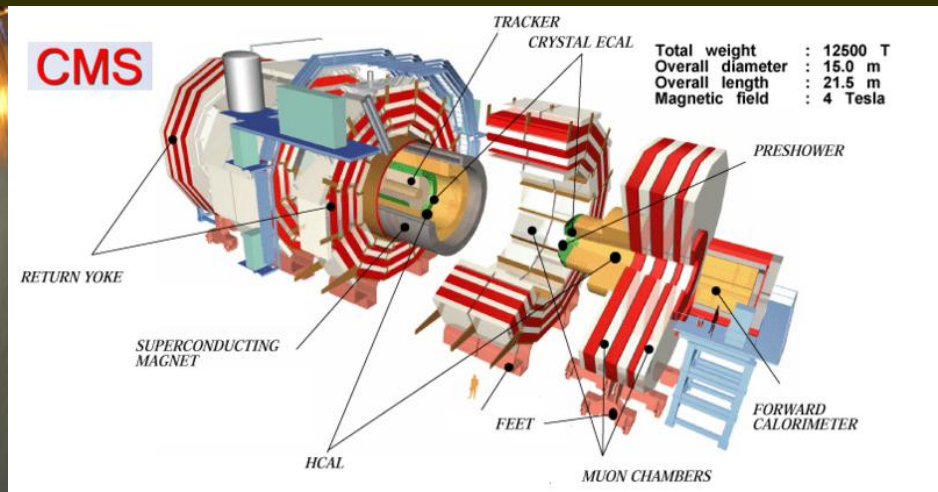
Темная энергия	73%	**???!!!**
Темная материя	23%	**WIMP $\Rightarrow$ SUSY?**
Видимая материя (звезды, галактики)	4%	**SM?**
Излучение (фотоны) и нейтрино	$5 \cdot 10^{-3}$ %	**SM?**

Дитрий Васильевич Волков
(1925 – 1996 гг.) –
один из создателей теории суперсимметрии

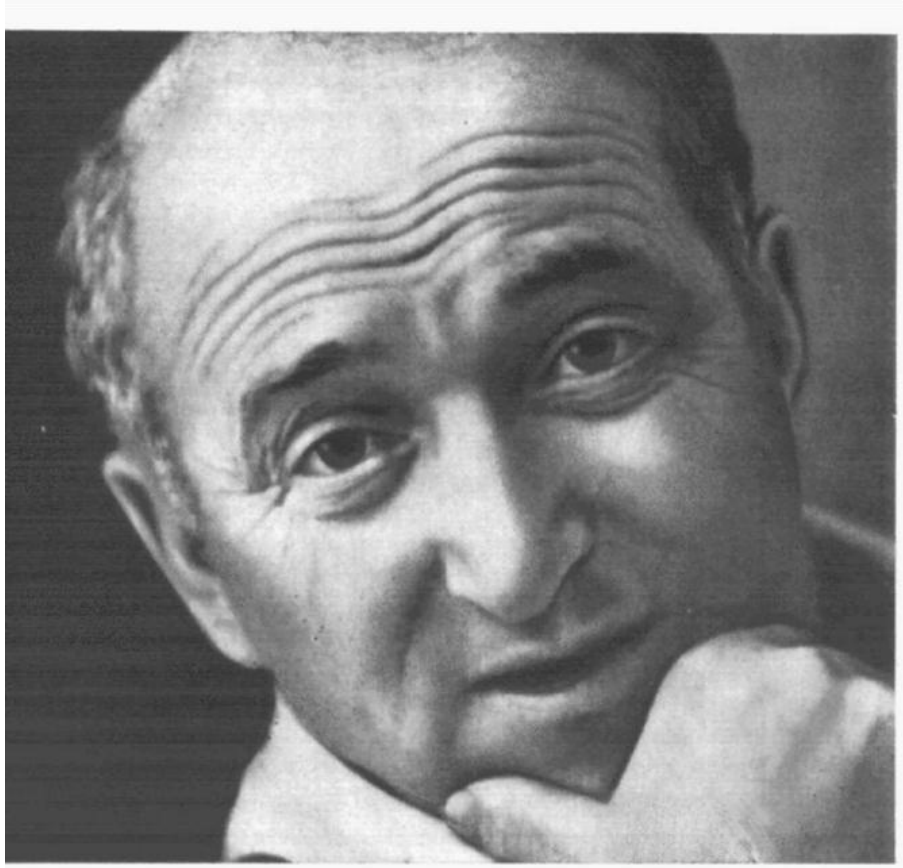
Программа CMS

Эксперимент CMS призван пролить свет на:

- природу масс частиц (поиск ***бозона Хиггса*** во всем диапазоне возможных M_H: ***существует ли он вообще***?)
- природу “темной материи” во Вселенной (поиск ***SUSY***-сигналов)
- природу асимметрии вещество/антивещество во Вселенной (изучение распадов ***B-мезонов*** с нарушением ***CP-симметрии***)
- возможность существования новых состояний адронной материи (изучение соударений ***тяжелых ионов***)
- возможность существования любой “***экзотики***” в ТэВной (10^{12} эВ)) обл.

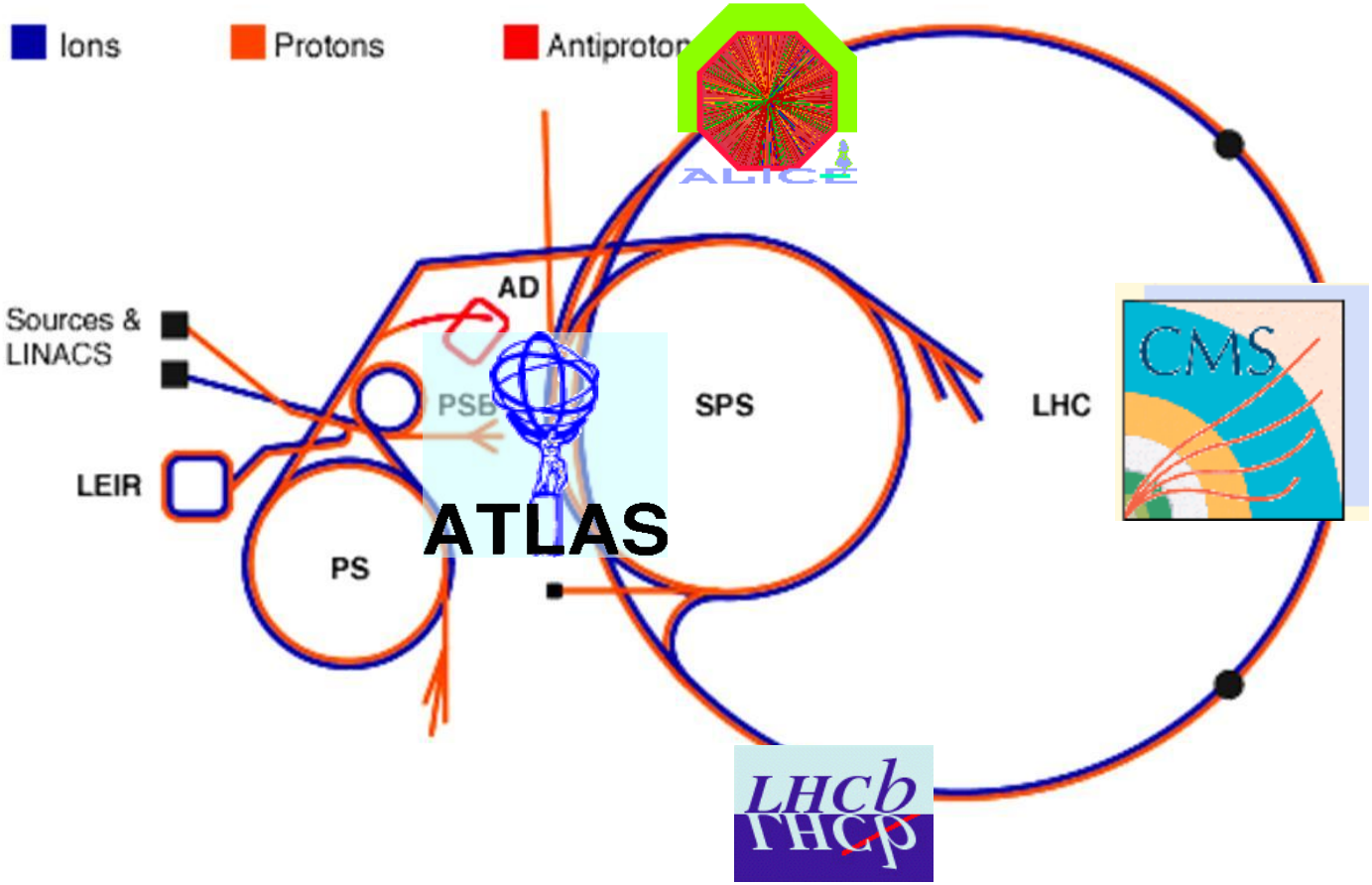


Один из авторов идеи создания ускорителей со встречными пучками (коллайдеров) – Г.И.Будкер (1918 – 1977), имя которого ныне носит Институт ядерной физики СО РАН



ГЕРШ ИЦКОВИЧ
БУДКЕР

Эксперименты Большого адронного коллайдера



Aerial view of the CERN site. The schematic shows the position of the accelerator tunnel, located 100m underground, and the relative position of the CMS experiment.

Коллаборация CMS

3275 физиков (включая 1535 аспирантов)
790 инженеров и лаборантов
179 институтов
41 стран

Украина в эксперименте CMS

- 02.04.1993 – подписание Меморандума о взаимопонимании между Правительством Украины и ЦЕРН;
- 1994 – образование (с участием Украины) коллаборации RDMS (“Russia and Dubna-Member States”)

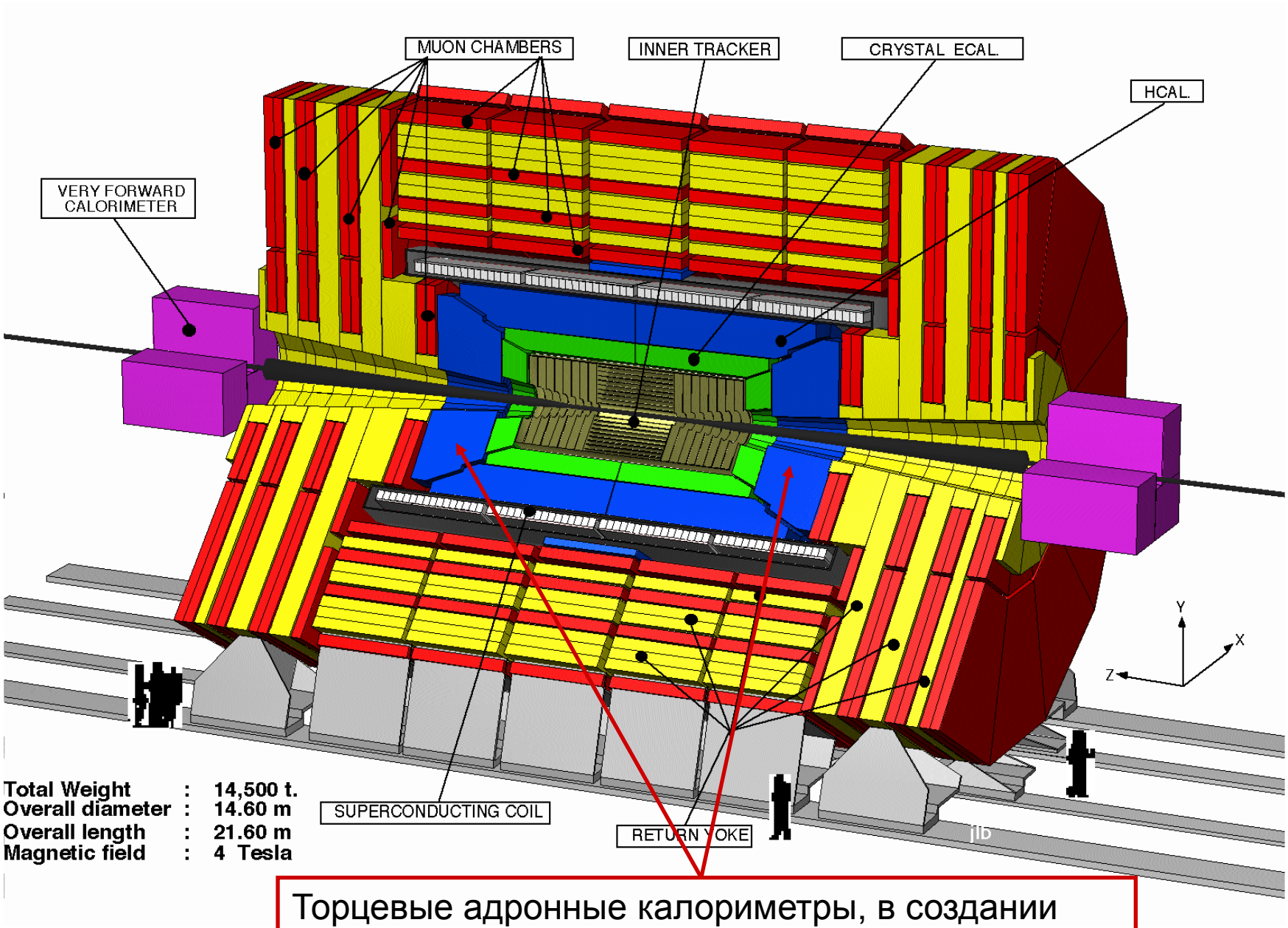
- 1994 –1998 – изучение свойств различных сцинтилляторов с целью выбора материала для активных элементов торцевых адронных калориметров CMS (HE); участие в изготовлении прототипов HE и тестировании их на ускорителях; компьютерное моделирование отклика прототипов HE; разработка технологии массового производства активных элементов HE – *ННЦ Харьковский физико-технический институт (ХФТИ), Институт сцинтилляционных материалов (ИСМ) (г. Харьков), Харьковский национальный университет им. В.Каразина*

- 1998 –2002 – массовое производство активных элементов HE в *ИСМ* с контролем качества в *ХФТИ*

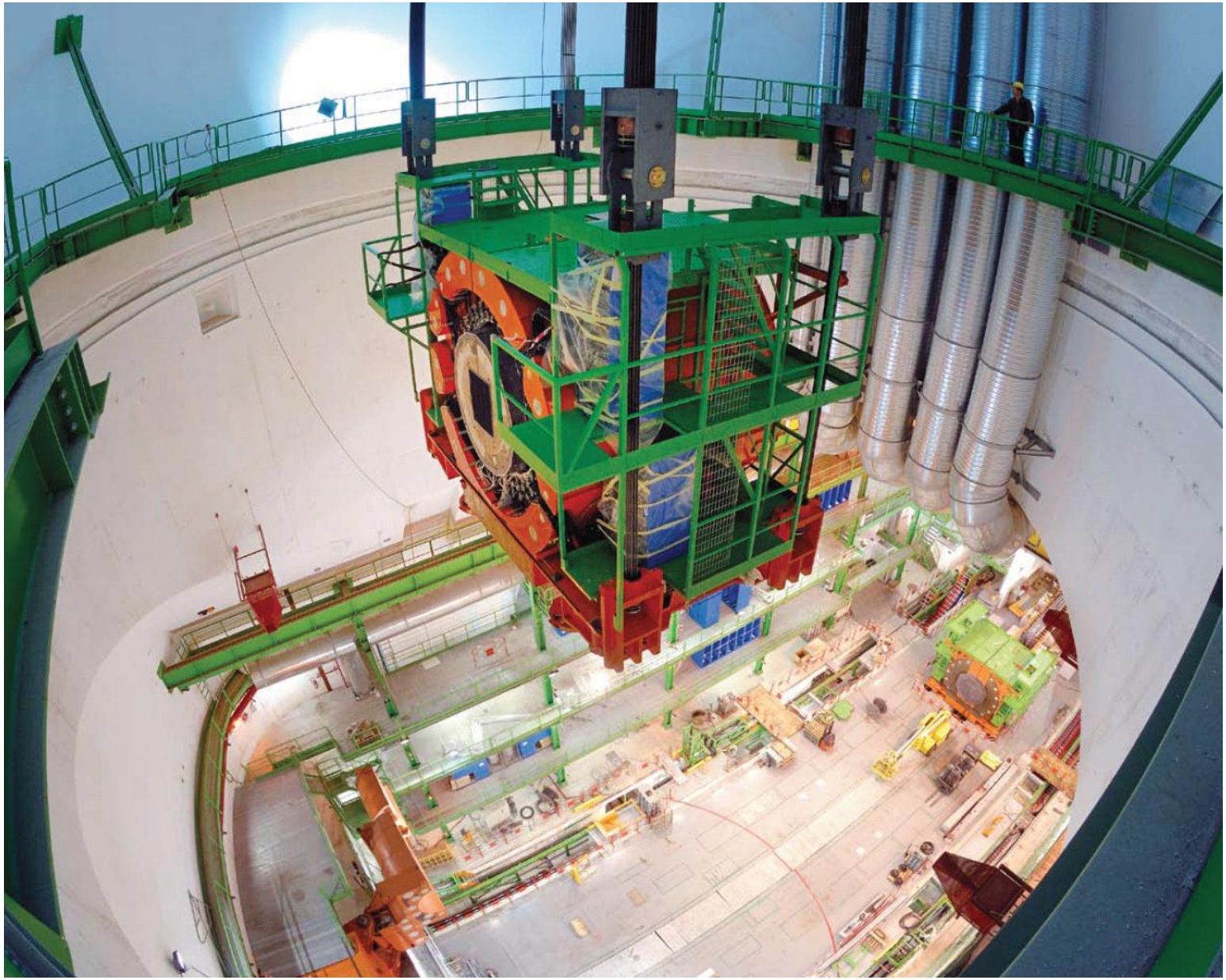
- 2001 – 2009 – создание в *ХФТИ* вычислительного комплекса для обработки данных с БАК, его регистрация в грид-инфраструктуре WLCG и сертификация (за полгода до запуска БАК) как центра 2-го яруса грид-инфраструктуры CMS, T2_UA_KIPT; компьютерное моделирование эксперимента и подготовка к анализу данных *(ХФТИ)*
- 2009 – 2012 – поддержка и развитие центра T2_UA_KIPT *(ХФТИ)*; анализ данных CMS *(ХФТИ)*; участие в работах по модернизации HE

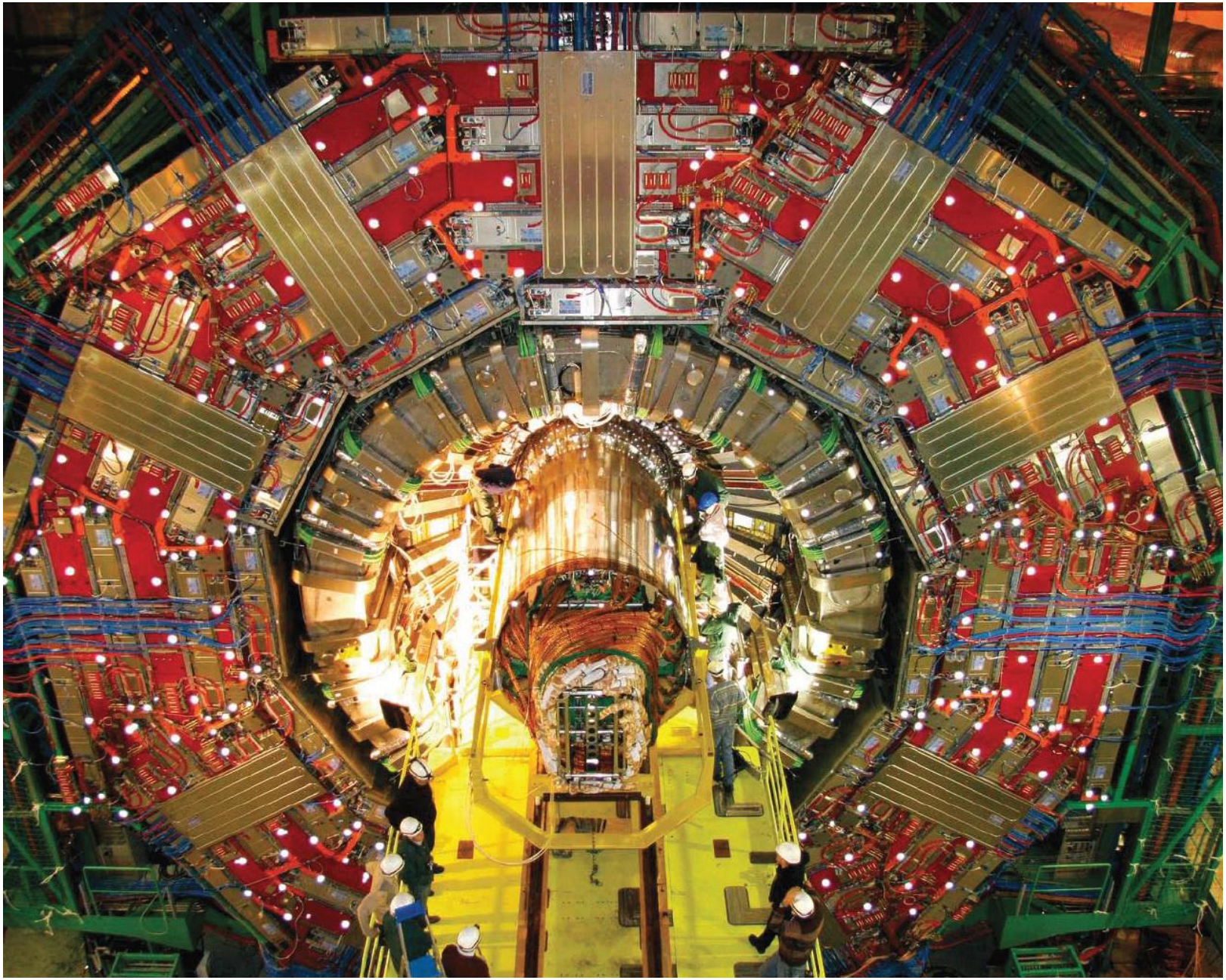
2. Разработка и сооружение детектора CMS

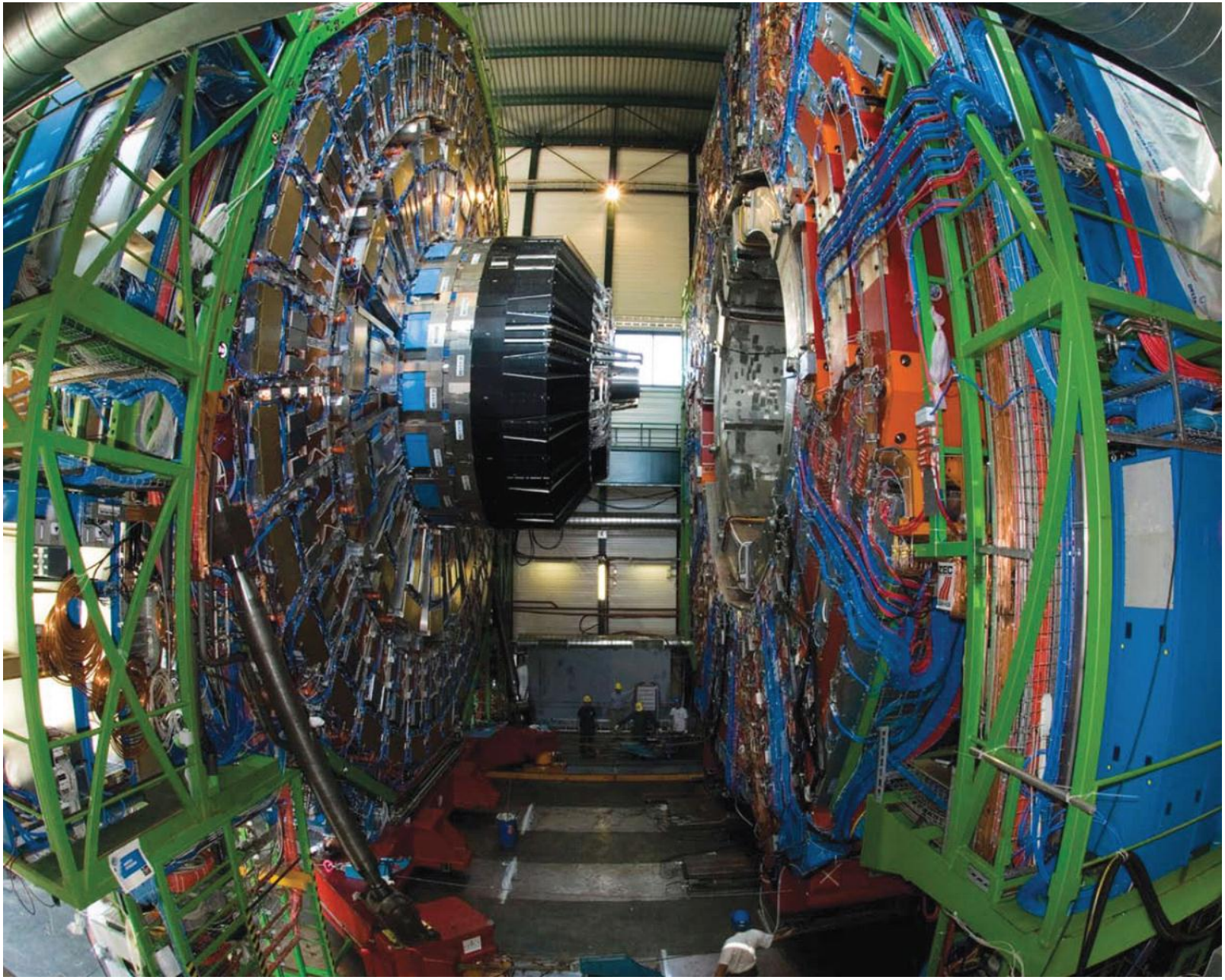
A Compact Solenoidal Detector for LHC



Торцевые адронные калориметры, в создании которых принимали участие физики Украины



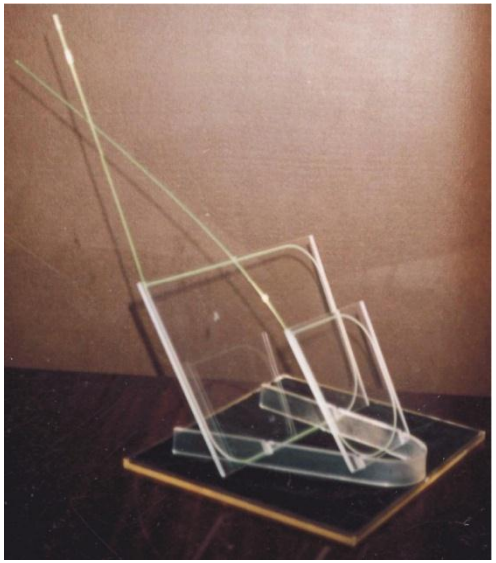


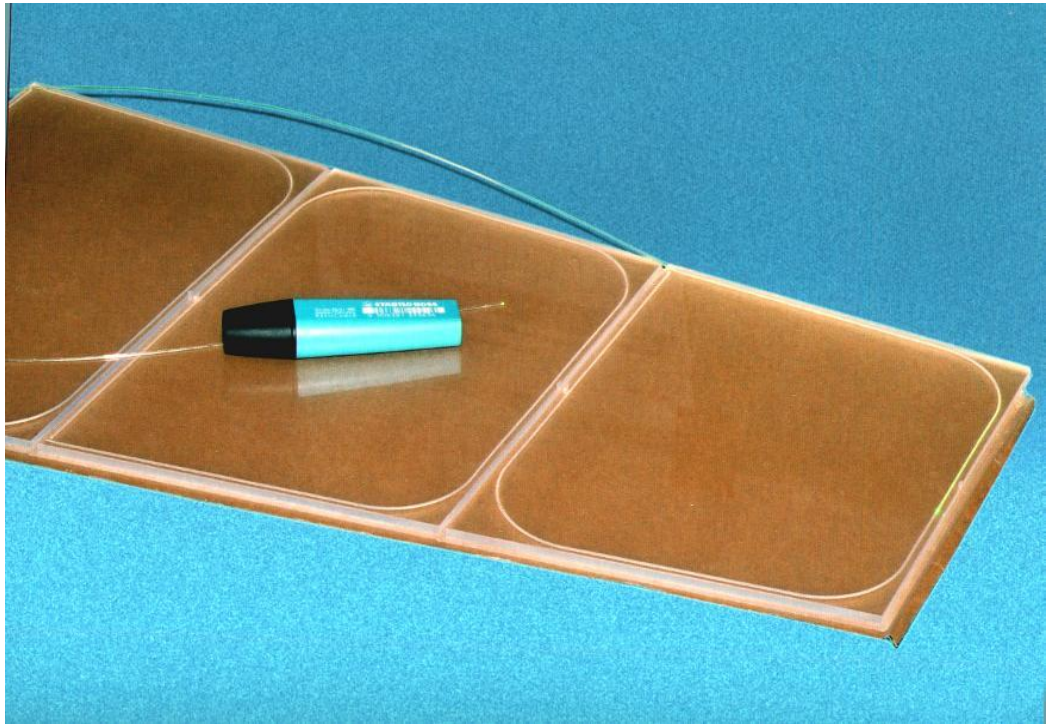


Монтаж одного из 2х торцевых адронных калориметров

Workers in Murmansk sitting on brass casings of some decommissioned shells of the Russian Northern fleet (left), the casings being melted in St Petersburg (top) and turned into raw brass plates (bottom). These were machined in Minsk and were mounted (facing page) in Point 5 to become the absorber for the endcap hadron calorimeter.

Активные элементы торцевых адронных калориметров CMS (HE)





~22000 пластин из сцинтиллятора SCSN-81 (Kuraray) были изготовлены в Институте сцинтилляционных материалов (ИСМ), г. Харьков, с контролем качества в ННЦ «Харьковский физико-технический институт» (ХФТИ)

Письмо-благодарность ИСМ от руководства CMS

EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH
COMPACT MUON SOLENOID-EXPERIMENT
http://cmsdoc.cern.ch/cms.html

CERN
Michel Della Negra
CMS Spokesperson
EP Division
CH - 1211 GENEVA 23

Telephone (direct): (41-22) 767 3931
(Mobile): (41-79) 201 0961
Telefax: (41-22) 767 8940
e-mail: Michel.Della.Negra@cern.ch

Professor Boris Grinev
Director of the Institute for
Scintillation Materials NAS Ukraine
Kharkov
Ukraine

Our Reference: CMS-L/2004/MDN/mcp

Geneva, September 3rd 2004

Dear Professor Grinev

On behalf of the CMS Collaboration I would like to express our gratitude for the very efficient participation of the Institute for Scintillation Materials NAS Ukraine in the construction of the CMS Detector at Large Hadron Collider at CERN, Geneva.

Within the framework of the Russia and Dubna Member States CMS Collaboration more than 20'000 special plastic scintillation tiles were manufactured with high quality by your institution for the optic system of the endcap hadron calorimeters. All these detectors are assembled and installed into calorimeters, successfully tested and met experimental requirements.

A very important milestone is research and development of the plastic scintillators with high radiation-resistant in your institution. This result aligned Ukraine with world leaders in development and manufacture of radiation hard scintillation materials.

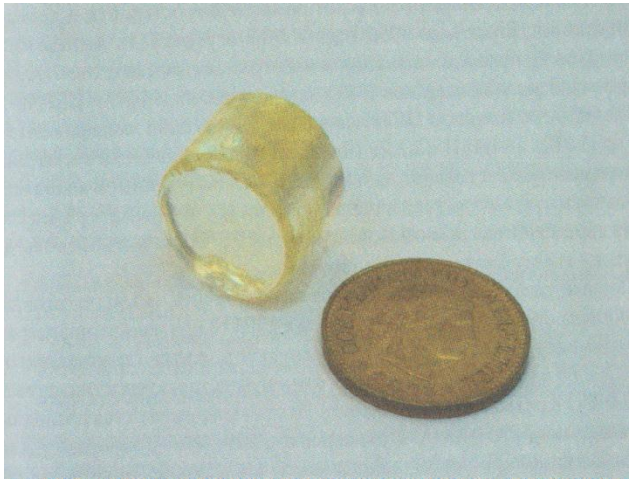
Looking forward for further fruitful cooperation,

Sincerely yours,

Michel Della Negra
Spokesperson of the CMS Collaboration

A bit of history …

The very first $PbWO_4$ crystal grown at ISMA, Kharkov, Ukraine (L.L.Nagornaya) to study scintillation properties of this material (1990)



First $PbWO_4$ crystal for beam tests ($20\times20\times20$ mm^3) grown also at ISMA (1992) $\Rightarrow$ studied systematically at IHEP, Protvino, Russia (V.A.Kachanov et al.)

Mass production of $PbWO_4$ crystals for CMS ECAL in Bogoroditsk, Russia

3. Проблема обработки данных с БАК и грид-инфраструктура эксперимента CMS

Проблема обработки данных CMS

- *Проектная светимость LHC $L = 10^{34}$ см$^{-2}$ с$^{-1}$ $\Rightarrow$ 10^9 с$^{-1}$ pp-соударений (!)*

  Триггер: 10^9 с$^{-1}$ $\rightarrow$ [Level 1] $\rightarrow$ 10^5 с$^{-1}$ $\rightarrow$ [Level 2] $\rightarrow$ 100 с$^{-1}$

{ = 100 Мбайт/с (!)}

Куда девать эти данные?

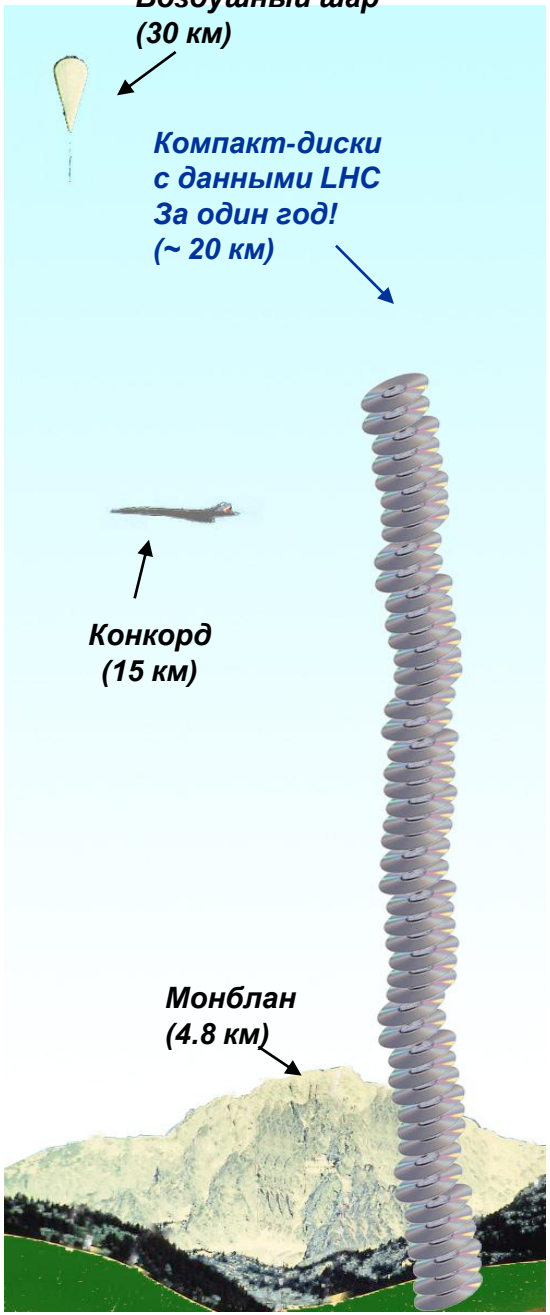
- *Объем информации, накапливаемой детектором CMS:*

  для интегральной светимости $L^{int} = 10^4$ pb^{-1} = 10^{40} см$^{-2}$ {$\Leftrightarrow$ 2 недели} имеем

$N = \sigma_{pp} \bullet L^{int} \bullet 100 / 10^9 = 10^8$ событий $\rightarrow$ 10^8 Мбайт = 100 Тбайт (!!!)

Как обеспечить доступ к данным?

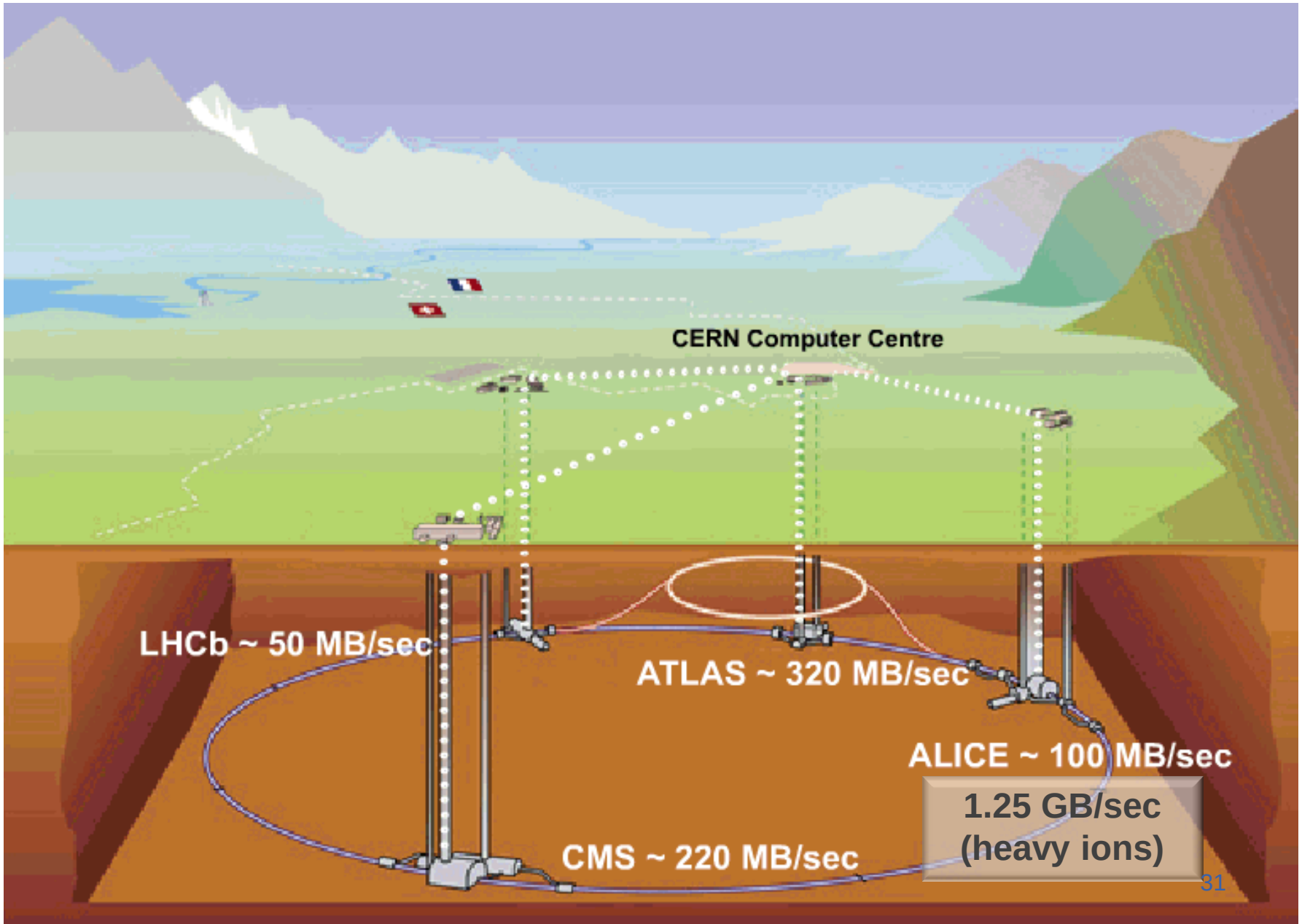
Объём LHC данных соответствует примерно 20 миллионам CD ежегодно!



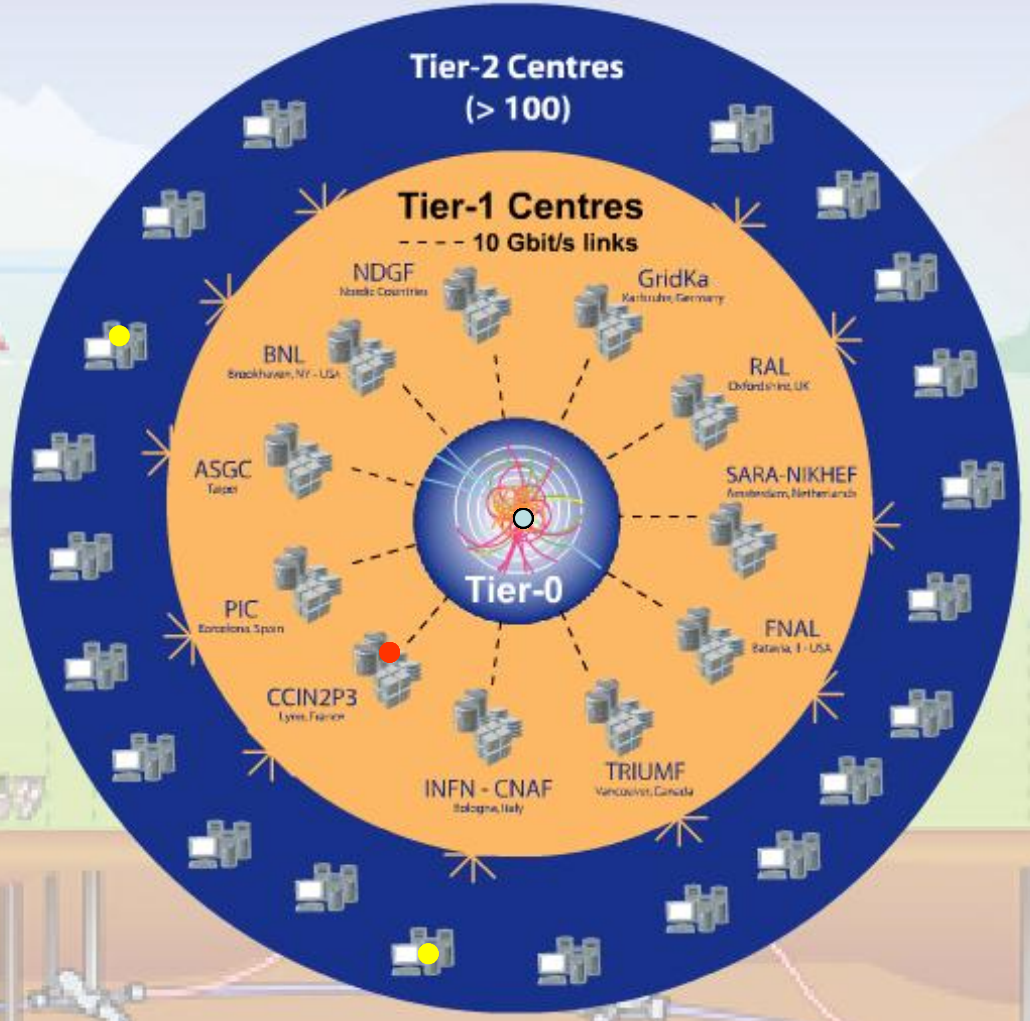
Компьютерный центр ЦЕРН до запуска БАК:

Потребности экспериментов БАК в вычислительных ресурсах многократно больше!

LHC: съем и первичный (триггер) отбор экспериментальной информации; решение проблемы обработки данных – LHC-грид (WLCG)



Структура всемирного LHC Grid (WLCG)



Tier-0 (CERN):
- **Прием данных**
- **Начальная реконструкция данных**
- **Распределение данных**

Tier-1 (11 centres):
- **Постоянное хранение данных**
- **Реконструкция событий**

Tier-2 (>200 centres):
- **Анализ данных**
- **Моделирование**

Предпосылки для технологии Grid

- ***Революционное развитие компьютерной техники за последние 10 — 20 лет***

  Процессоры 2 – 3 ГГц, диски 2 – 3 Тбайт,

  Internet ~ 10 Гбит/с –

  сегодняшний день ⇒ можно создать суперкомпьютеры в глобальном масштабе на основе обыкновенных PC!

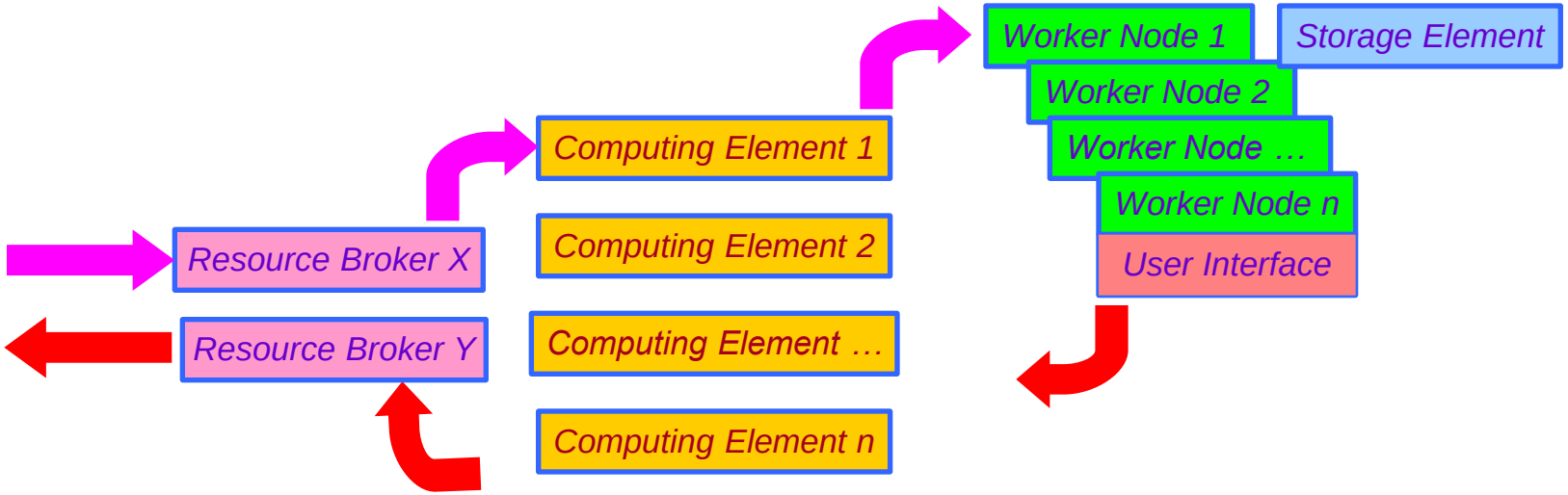
- ***В различных отраслях науки востребованы огромные вычислительные мощности***

  Физика высоких энергий; теория сильных взаимодействий (КХД на решетке); молекулярная биофизика (моделирование сложных молекул); исследования головного мозга; сейсмология; метеорология; проч.

LHC Grid и его элементы

***Grid* – сеть;**
***LCG* – LHC Computing Grid;**
***Middleware* – программное обеспечение “связи”системных служб и вычислительных процессов на удаленных узлах и системах**

Основные элементы LHC Grid:



Компьютинговая модель CMS

триггер CMS
T0_CH_CERN

→

RAW
~1-3 MB/evt
~100 evt/s

T1_CH_CERN

T1_DE_FZK

T1_ES_PIC

T1_FR_CCIN2P3

T1_IT_CNAF

T1_TW_ASGC

T1_UK_RAL

T1_US_FNAL

8 центров

восстановление событий; хранение данных всех типов (RAW, RECO, AOD, skim)

→

T2_ * _ *

T2_UA_KIPT

T2_ * _ *

~50 центров

хранение данных RECO и AOD (~0.1-0.5 MB/evt)

анализ данных & Монте-Карло

интернет-связь: ~1 Gbit/s;
SE: ~200 TB
WN: ~4 kHSP06
(LHC startup)

T3_ * _*

на сегодня 50 центров

WLCG User Interface (UI);

жестких требований к ресурсам нет

Вычислительный комплекс ННЦ ХФТИ

год

2001 – Linux-кластер, объединяющий 5 PIII-узлов (9 CPU)

с 2002 – участие в массовой генерации событий CMS

2003 – на системе установлено и отлажено grid-middleware (LCG2)

с 2005 – комплекс зарегистрирован в WLCG (Kharkov-KIPT-LCG2)

с 2007 – SLC-кластер на платформе CPU x86-64

2008 – установка прогр. обеспечения CMS (CMSSW & PhEDEx);
регистрация в CMS SiteDB (T2_UA_KIPT)

2009 – успешная сертификация (commissioning) T2_UA_KIPT

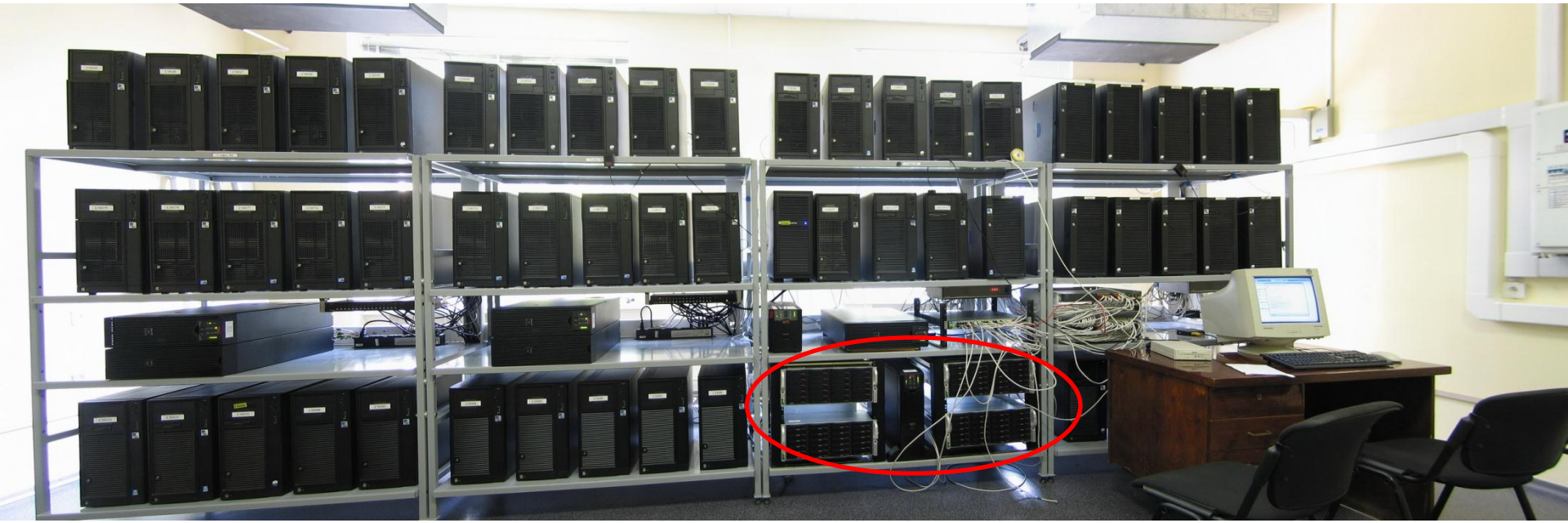
– T2_UA_KIPT в "Production" ("Ready" > 80% of time) !!!

с 2010 – T2_UA_KIPT ассоциирован с физ. группой CMS EWK ⇒
учет его работы как материальный вклад в эксперимент;

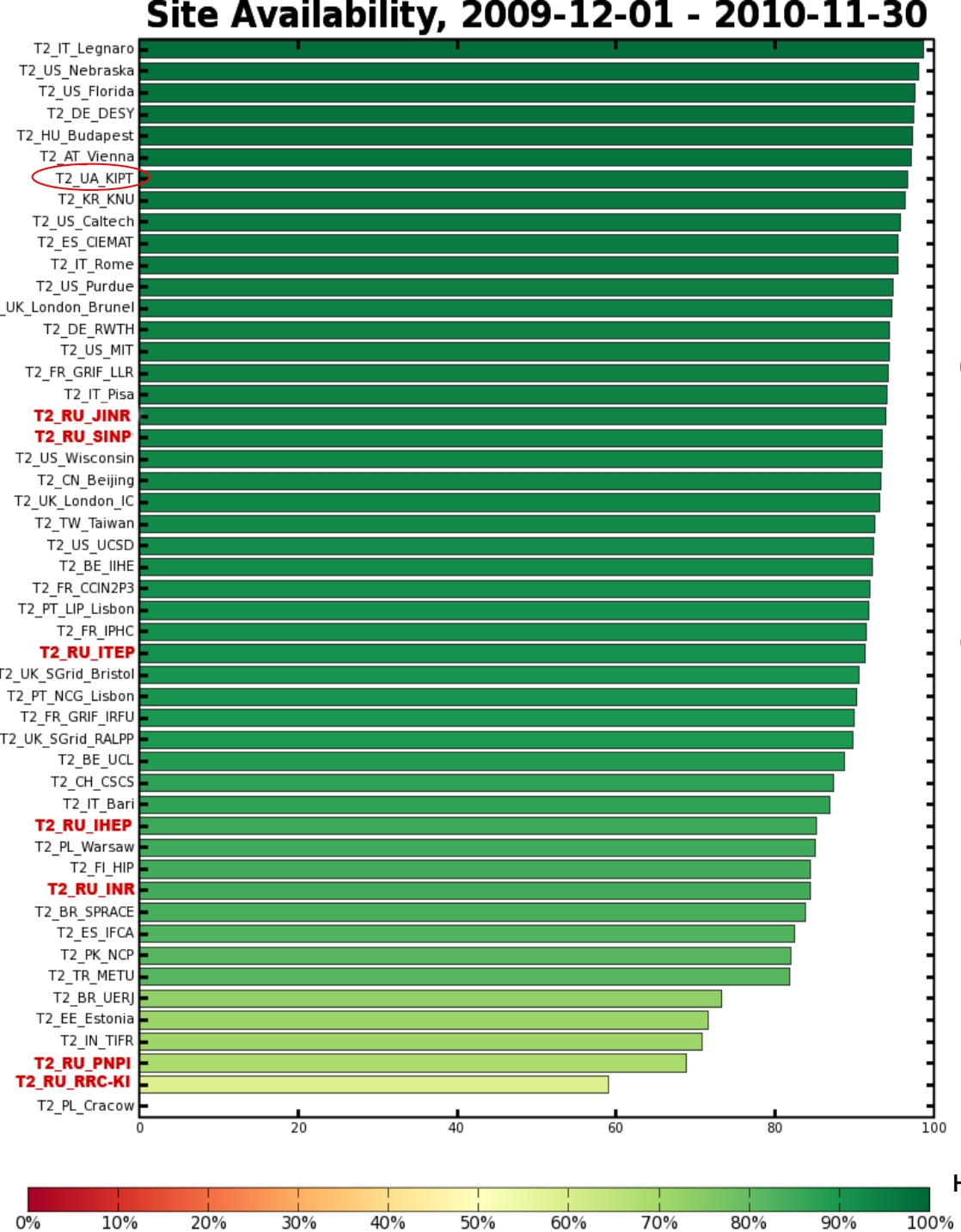
– поступление данных с БАК и их обработка

ВК ХФТИ является единственным на Украине T2-центром WLCG, на который поступают данные с БАК

Tier-2 центр CMS T2_UA_KIPT в 2011 г. :
Производительность вычислительных узлов (230 CPU-ядер) – 3.0 kHEPspec06
Емкость системы массовой дисковой памяти – 245 Тбайт



T2-центр ННЦ ХФТИ T2_UA_KIPT является сегодня единственным вычислительным комплексом Украины, на который поступает для обработки экспериментальная информация с Большого адронного коллайдера

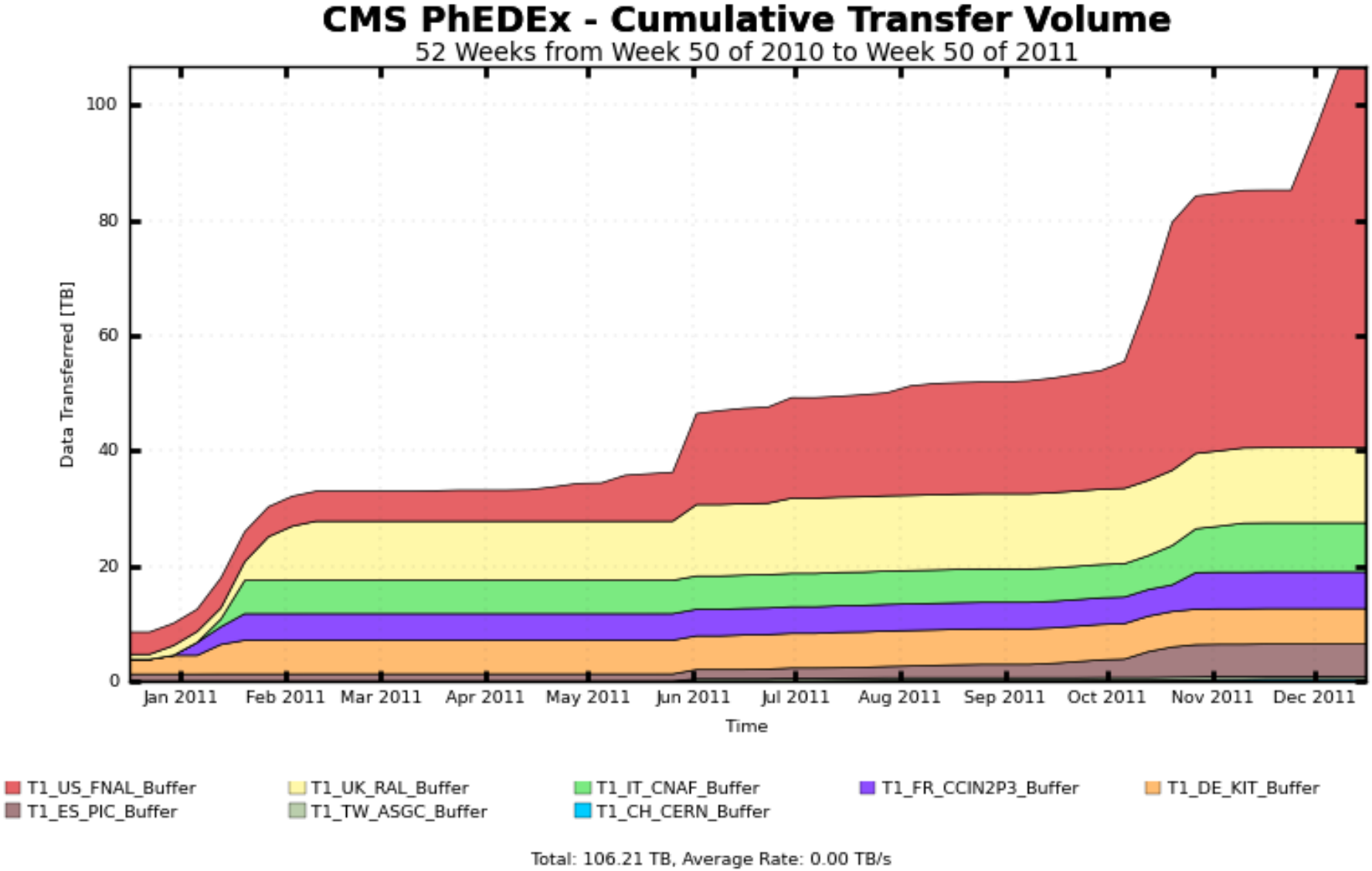


Оценка качества работы T2-центров CMS в течение года после запуска БАК

(по материалам конференции “CMS Week”, ЦЕРН, 6 – 10 декабря 2010 р.)

Передача данных для анализа на ВК ННЦ ХФТИ в 2011 г.

(данные портала *PhEDEx – CMS Data Transfers, http://cmsweb.cern.ch/phedex*)



За 2011 г. на T2-центр T2_UA_KIPT было передано для обработки более 100 ТВ информации, полученной в эксперименте CMS

Fulfillment of CMS MoA Obligations in 2011

InstCode	Country	Pledged	Nauth	Worked	Shift	CORE	OFF	EC	HC	MUCSC	MUDT	MURPC	RUN	DAQ	TK	TRG
AACHEN-1	Germany	44.90 on 48 (94%)	16	32.90 (69%)	12.65	2.50	11.70						11.44 11.44		16.26 1.21	3.00
AACHEN-3A	Germany	60.96 on 51 (120%)	17	57.46 (113%)	9.16	15.10	5.90				28.52 1.22		7.93 7.93			
AACHEN-3B	Germany	32.45 on 33 (98%)	11	31.25 (95%)	4.30	9.90	13.20						4.30 4.30		5.05	
ADANA-CUKUROVA	Turkey	62.90 on 75 (84%)	25	58.90 (79%)	8.90				54.00				8.90 8.90			
ANKARA-METU	Turkey	23.73 on 36 (66%)	12	17.73 (49%)	2.33	5.90			15.50				2.33 2.33			
ANTWERPEN	Belgium	41.38 on 36 (115%)	12	35.98 (100%)	7.86	7.00	2.64		13.64				7.54 7.54		6.56 0.32	
ASRT-ENHEP	Egypt	9.51 on 9 (106%)	3	4.51 (50%)	2.51							8.57 1.57	0.94 0.94			
ATHENS	Greece	8.19 on 15 (55%)	5	7.19 (48%)	1.19		3.00		4.00				1.19 1.19			
ATOMKI	Hungary	27.08 on 12 (226%)	4	27.08 (226%)	9.08						18.00		9.08 9.08			
...						...		...			...					
KANGWON	Korea	6.00 on 3 (200%)	1	0.00 (0%)	0.00		3.00					3.00				
KANSAS-STATE	USA	18.32 on 27 (68%)	9	13.52 (50%)	1.32		1.20	7.72 0.32					5.80 1.00		2.40	1.20
KANSAS-UNIV	USA	41.52 on 27 (154%)	9	34.02 (126%)	6.77				13.00				4.72 4.72		23.80 2.05	
KARLSRUHE-IEKP	Germany	134.48 on 114 (118%)	38	116.28 (102%)	6.06	40.20	17.72		9.50				5.05 5.05		39.71 1.01	5.80
KHARKOV-KIPT	Ukraine	10.10 on 3 (337%)	1	9.10 (303%)	0.00	8.10			2.00							
KOLKATA-SAHA	India	38.04 on 15 (254%)	5	27.04 (180%)	2.54	3.00	23.50		7.00				4.54 2.54			
KOREA-UNIV	Korea	27.11 on 33 (82%)	11	15.91 (48%)	1.91		2.20					22.15 1.15	0.76 0.76			2.00
KYUNGPOOK	Korea	4.50 on 21 (21%)	7	3.90 (19%)	0.00	3.90	0.60									
LAPPEENRANTA-LUT	Finland	0.00 on 6 (0%)	2	0.00 (0%)	0.00											
LIP	Portugal	54.13 on 30 (180%)	10	36.13 (120%)	12.85	4.08										
LIVERMORE	USA	17.61 on 9 (196%)	3	13.61 (151%)	1.62											
...						...										

обслуживание T2_UA_KIPT в 2011 г. зачтено в ЦЕРН на уровне 8.1 FTE-мес. работ по выполнению эксперимента CMS (наряду, в частности, с дежурствами на коллайдере)

4. Анализ данных эксперимента CMS

Проблема анализа данных CMS

При $\sqrt{s}$ *= 14 ТэВ* $\sigma_{pp} \approx 100$ *mb =* 10^{-25} *см*^{2}

$\sigma[pp \to H^0 + X \to Z^0 Z^0 + X \to e^+e^-(\mu^+\mu)\ \bar{\nu}\nu + X] \approx 0.08$ pb

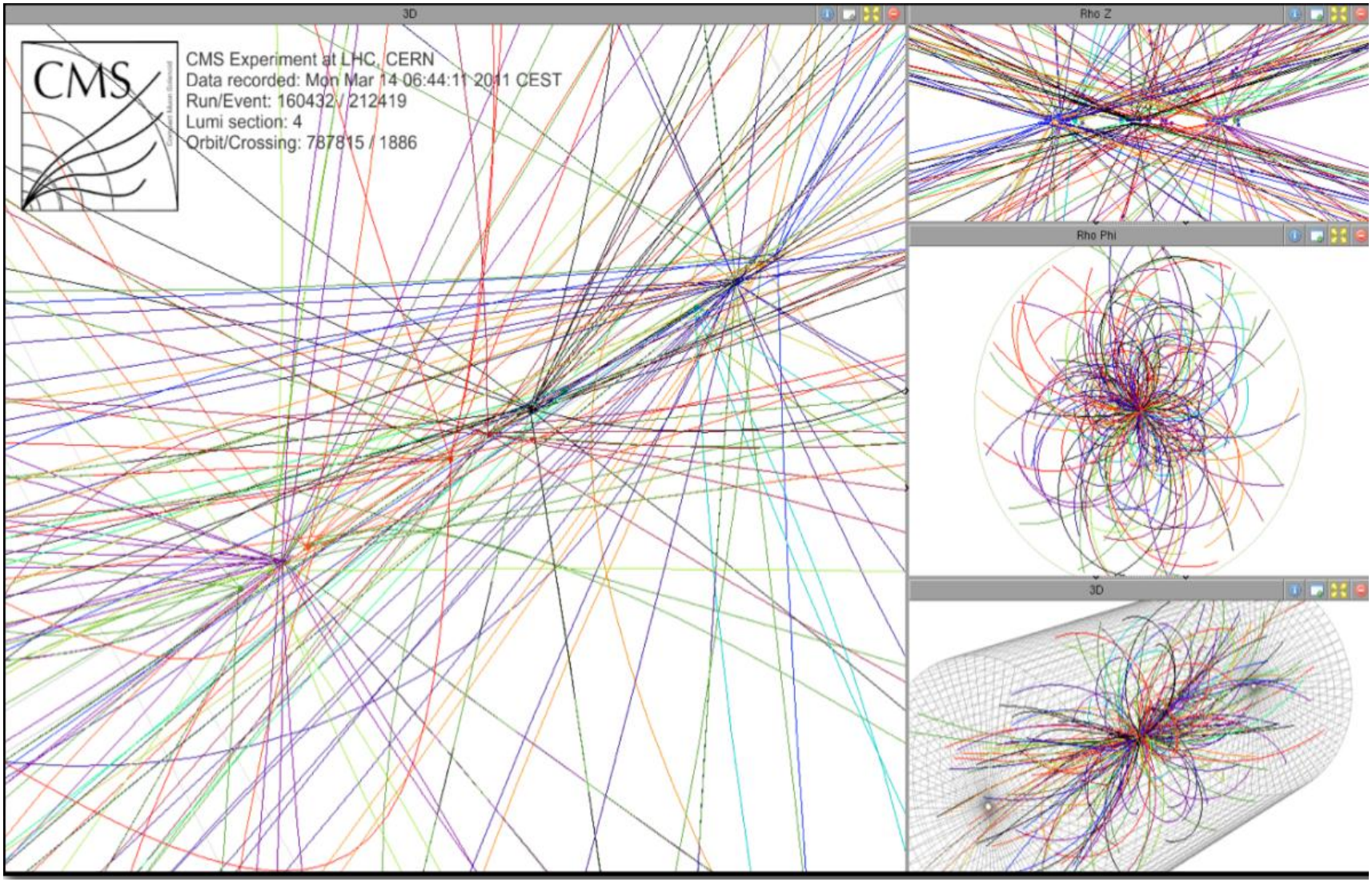
$\sigma[pp \to H^0 + X \to Z^0 Z^0 + X \to 2\, e^+e^-(\mu^+\mu) + X] \approx 0.013$ pb $\approx 10^{-38}$ *см*^{2}

($M_H \approx 200$ ГэВ/с^2)

Иголка: ~ 30 мм^3 = 3×10^{-8} м^3;

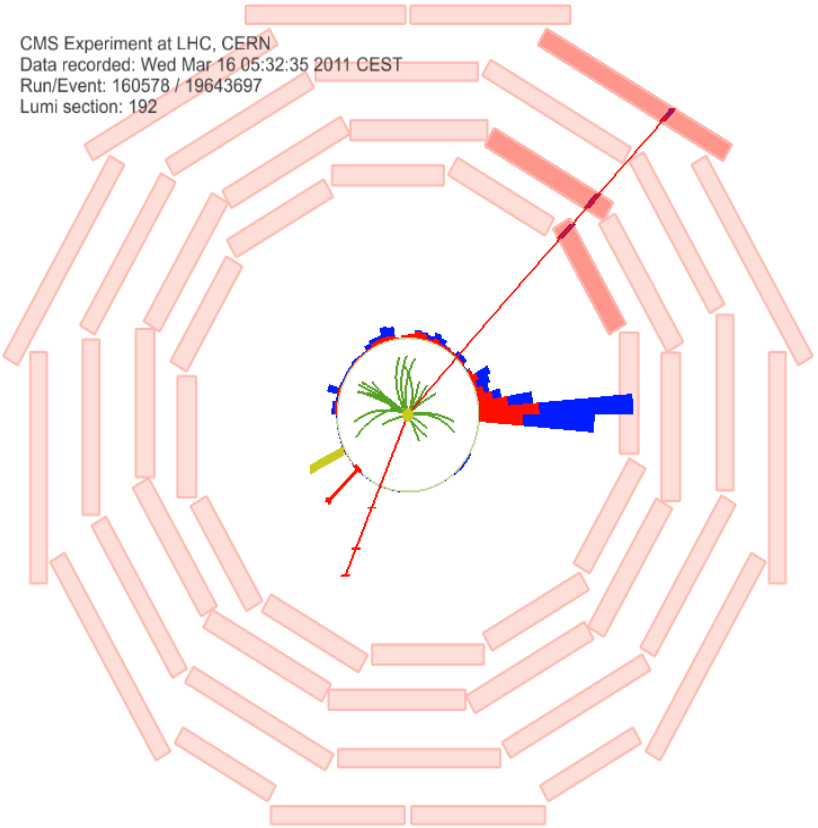
Стог сена: 30 м^3 $\Rightarrow$ *найти иголку в стогу в* ~10^4 *раз легче (!)*

The new challenge: the pile-up



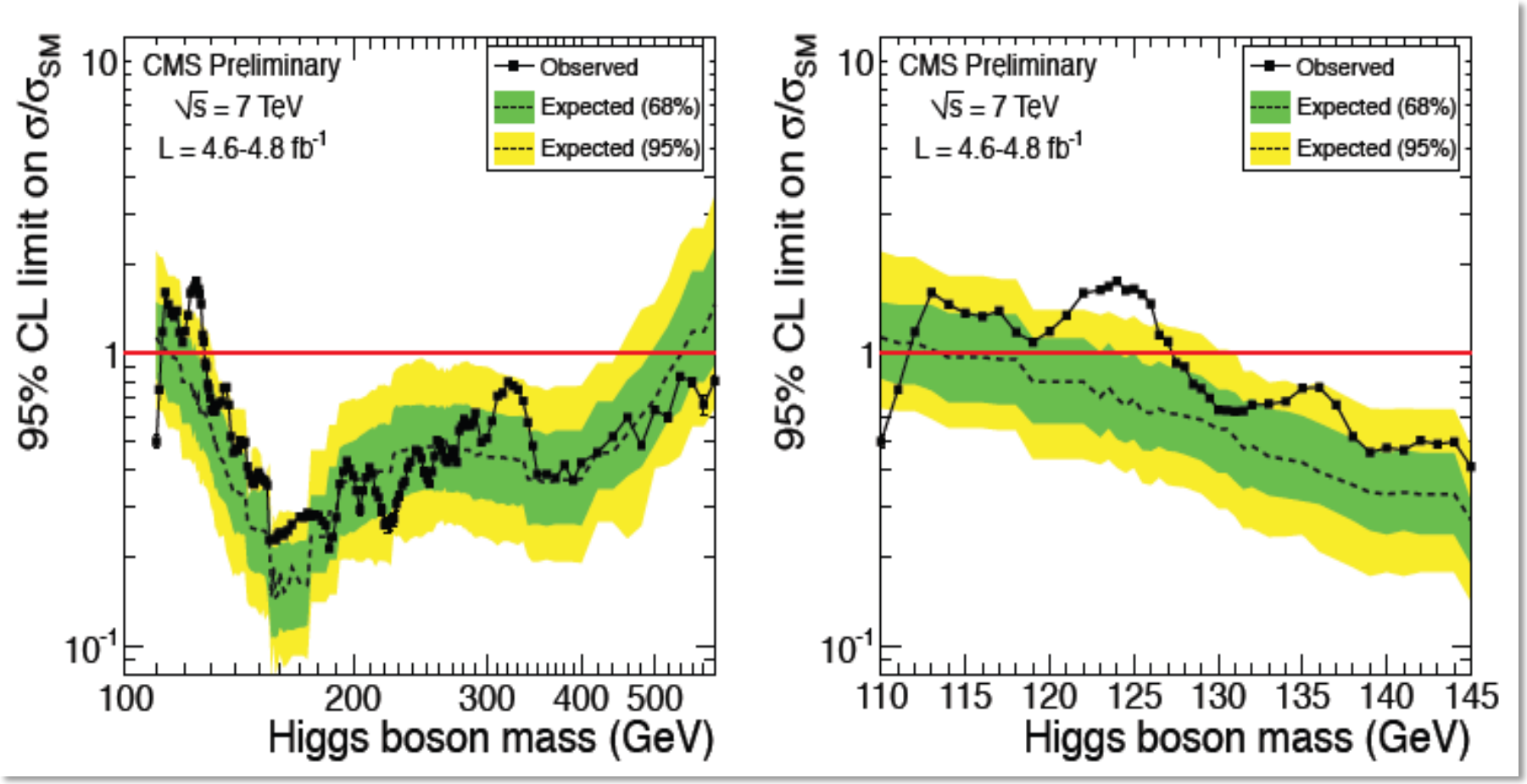
Call to look immediately at the data

We have already a sizeable data set (comparable to 2010); we might get up to ~30 $pb^{-1}$by the end of the week. **The Monday Physics Operation meeting will be resumed soon (target is April 4)**;



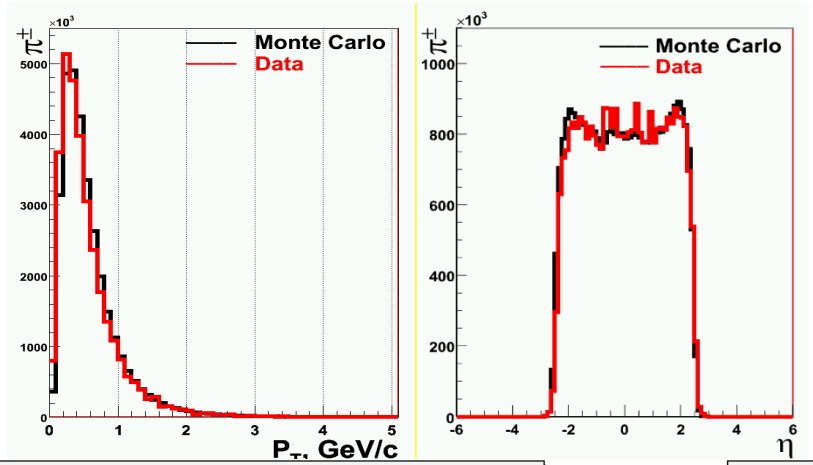
Event recorded on March 16
Compatible with a Z of mass 535GeV

New Combination

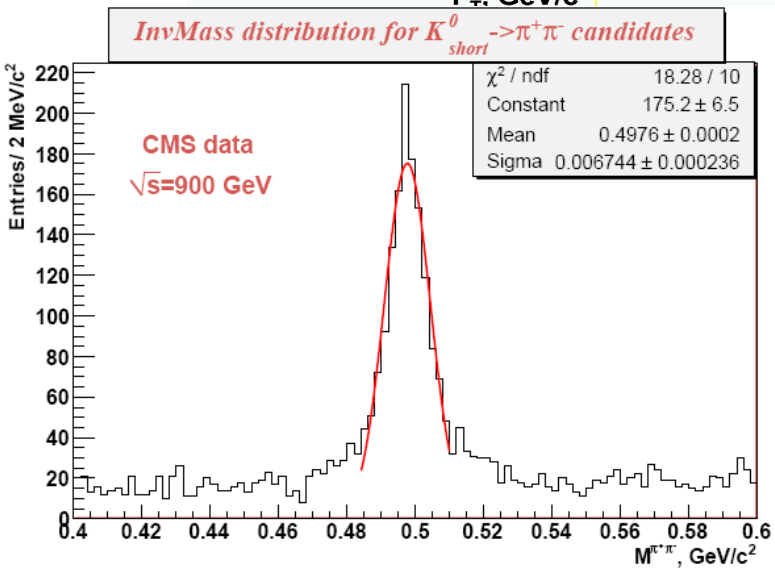


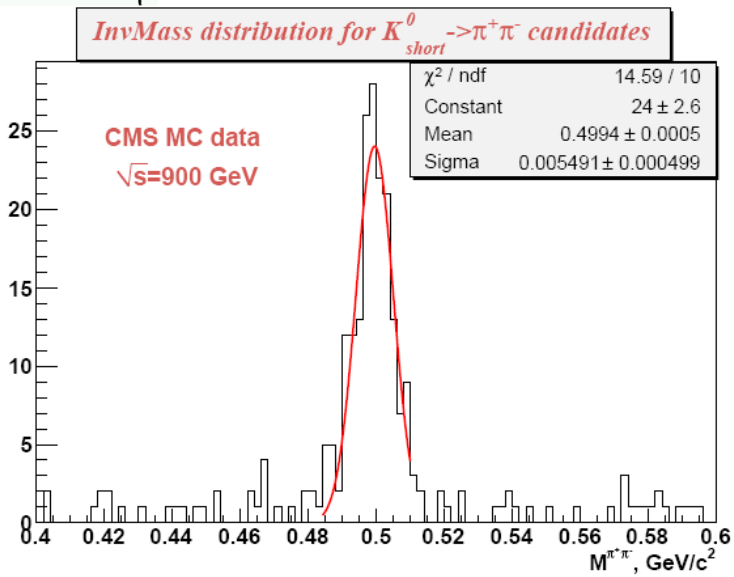
Expected exclusion 114.5 - 543 GeV
Observed exclusion 127.5 - 600 GeV

Анализ самых первых данных CMS (ХФТИ)



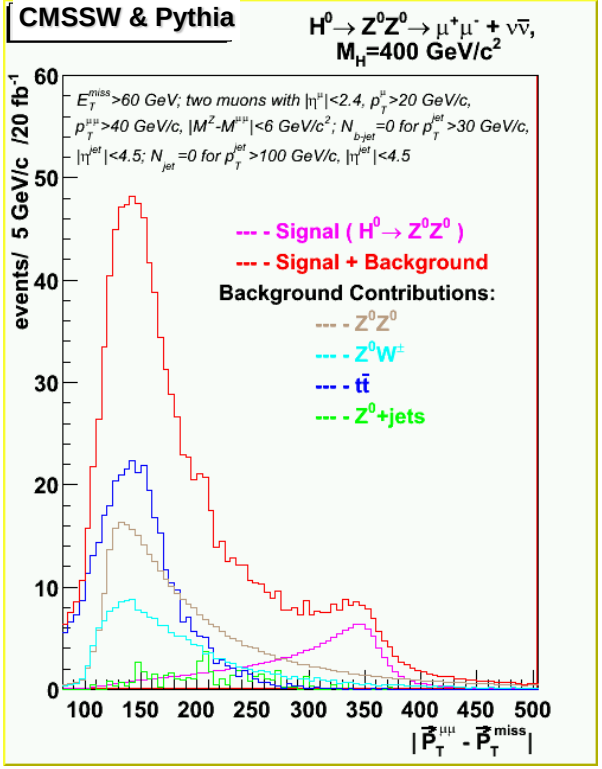
√s = 900 ГэВ:
MinBias_Dec06+ CMSSW_3.3.4
vs
PYTHIA_6 + CMSSW_3.3.4





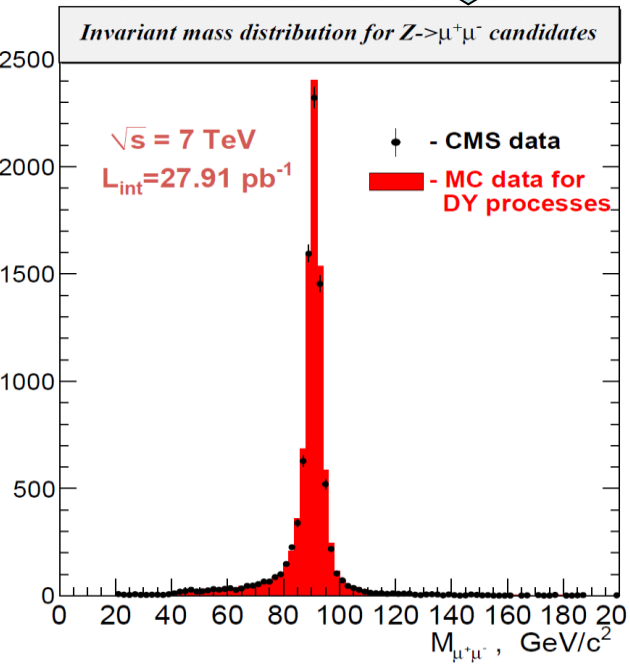
Search for heavy SM Higgs with CMS, (MC simulation @ KIPT)

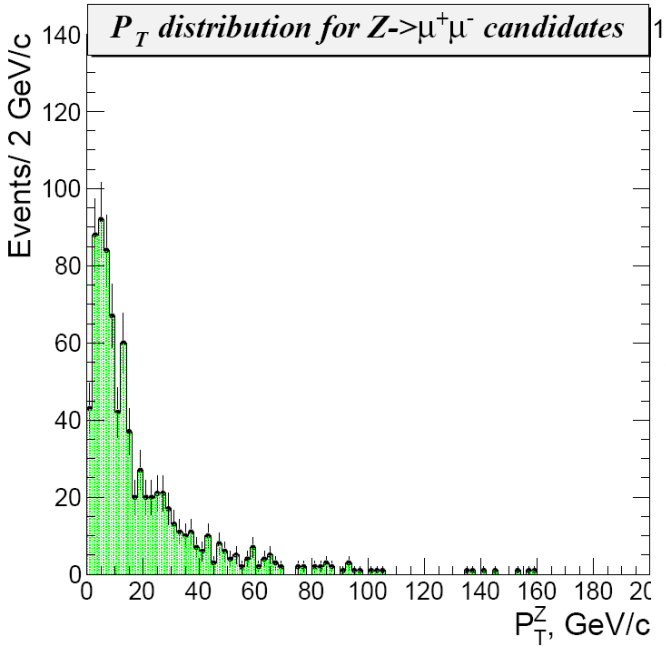
L_{int}=20 fb^{-1}, $\sqrt{s}$ [pp] = 14 TeV:
$S/\sqrt{B}$ ~ 5 (M_H=400 GeV)

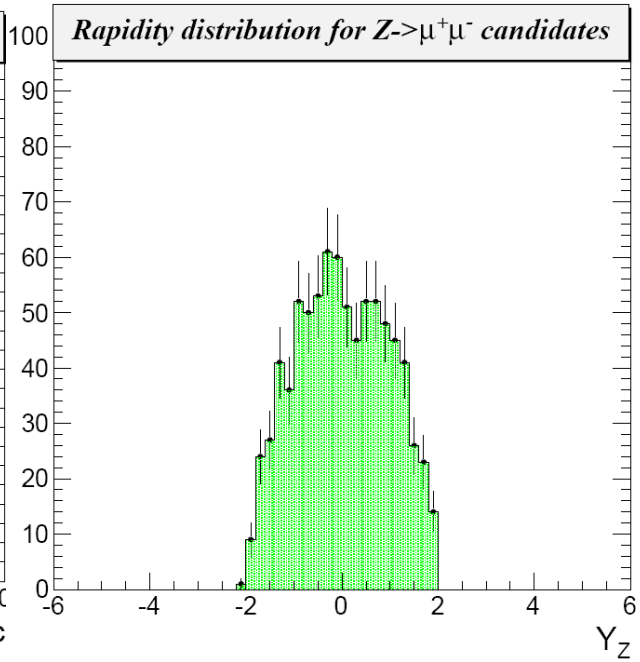


Analysis of CMS data (KIPT):

Selection and analysis of DY events with $Z^0 \to \mu^+\mu^-$ decays







ВМЕСТО ЭПИЛОГА...

СПАСИБО!

Свинья под Дубом (И. А. Крылов)

Свинья под Дубом вековым
Наелась жёлудей досыта, до-отвала;
Наевшись, выспалась под ним;
Потом, глаза продравши, встала
И рылом подрывать у Дуба корни стала.
«Ведь это дереву вредит»,
Ей с Дуба Ворон говорит:
«Коль корни обнажишь, оно засохнуть может».—
«Пусть сохнет», говорит Свинья:
«Ничуть меня то не тревожит;
В нем проку мало вижу я;
Хоть век его не будь, ничуть не пожалею;
Лишь были б жёлуди: ведь я от них жирею».—
«Неблагодарная!» примолвил Дуб ей тут:
«Когда бы вверх могла поднять ты рыло,
Тебе бы видно было,
Что эти жёлуди на мне растут».
Невежда также в ослепленье
Бранит науки и ученье,
И все ученые труды,
Не чувствуя, что он вкушает их плоды.