



# Распределённые и параллельные вычисления, технологии больших данных для проектов класса мегасайенс

Кореньков Владимир Васильевич

директор  
Лаборатории информационных технологий ОИЯИ

Сессия-конференция Секции ядерной физики ОФН РАН  
12 марта 2020 года

# Грид технологии – путь к успеху

На торжестве по поводу получения Нобелевской премии за открытие бозона Хиггса директор ЦЕРНа Рольф Хойер прямо назвал грид-технологии одним из трех столпов успеха (наряду с ускорителем LHC и физическими установками).

Без организации грид-инфраструктуры на LHC было бы невозможно обрабатывать и хранить колоссальный объем данных, поступающих с коллайдера, а значит, совершать научные открытия.

Сегодня уже ни один крупный проект не осуществим без использования распределенной инфраструктуры для обработки данных.



# Проекты класса мегасайенс

- \* Российские исследовательские институты и университеты активно участвуют в международных мегапроектах:  
LHC, CERN (эксперименты: ATLAS, ALICE, LHCb, CMS),  
XFEL, DESY (европейский лазер на свободных электронах),  
ESRF, France (европейский синхротронный центр),  
FAIR, GSI, Germany (эксперименты CBM, PANDA),  
ITER, France ...

В России идет подготовка проектов класса мегасайенс:  
НИКА, ОИЯИ, Дубна (Коллайдер протонов и тяжелых ионов),  
ПИК, НИЦ ПИЯФ, Гатчина (Высокопоточный реакторный комплекс),  
ИССИ-4, НИЦ ИФВЭ, Протвино,  
Супер С-тау фабрика, ИЯФ СО РАН Новосибирск (Электрон-позитронный коллайдер),

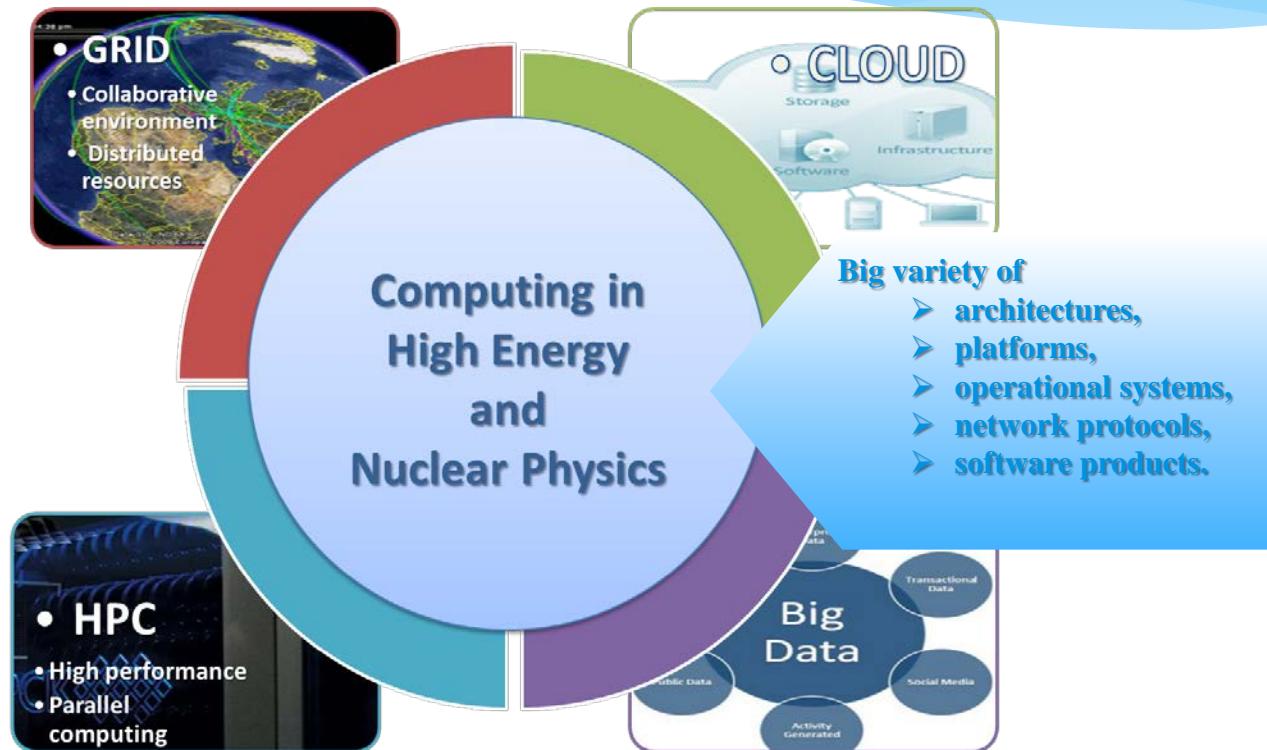
- \* СКИФ, ИЯФ СО РАН Новосибирск (Сибирский кольцевой источник фотонов)

Реализуется нейтринная программа: проекты в России (Байкал,), Китае (JUNO), США (NOVA, DUNE) и другие масштабные проекты (SKA).

# Цифровая платформа

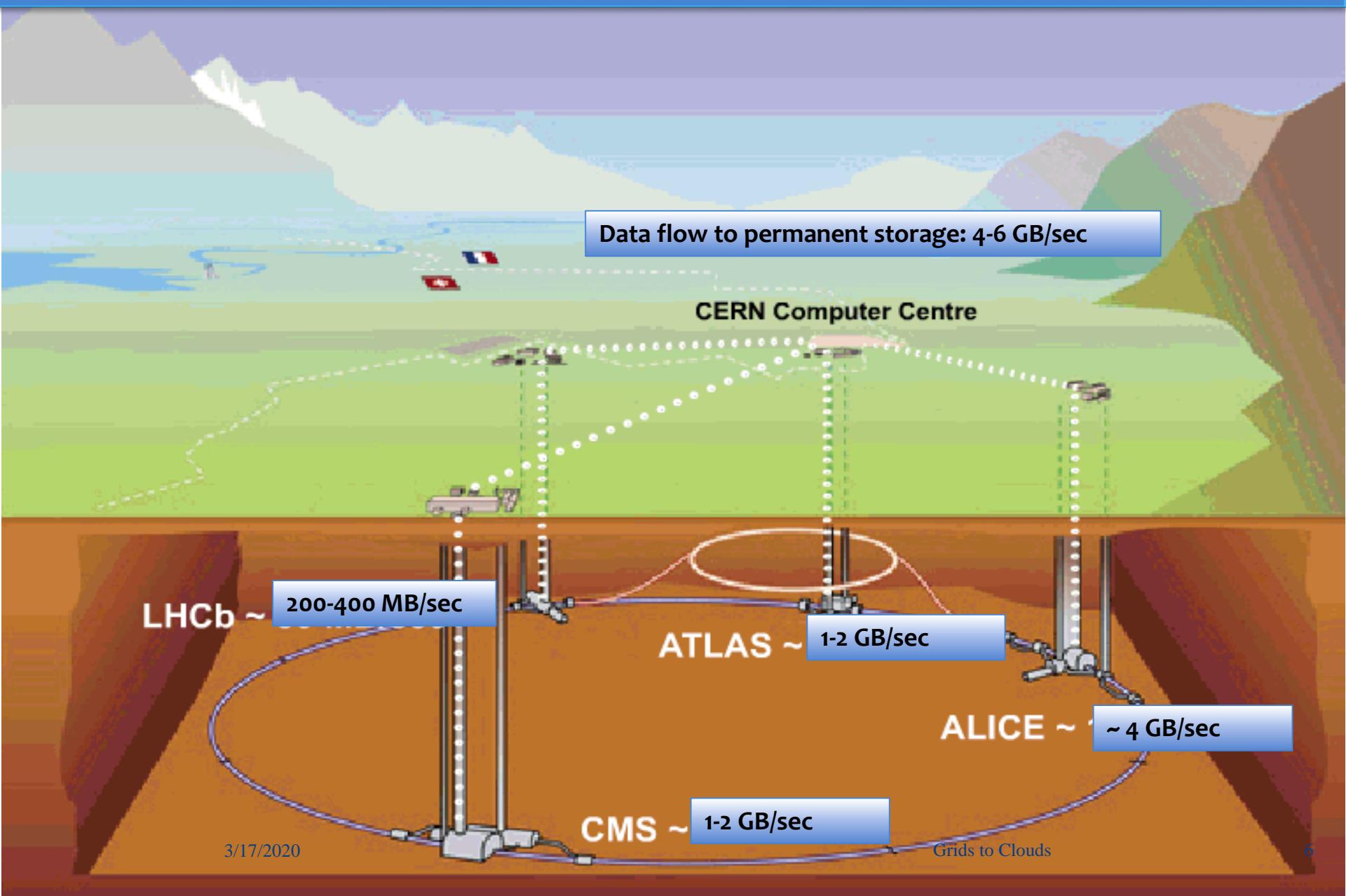
- \* Важнейшей частью проектов класса мегасайенс является создание и развитие компьютерных систем для обработки, хранения и анализа экспериментальных данных, алгоритмов поиска и доступа к данным.  
Информационно-вычислительные инфраструктуры, необходимые для выполнения исследовательских задач проектов класса мегасайенс, являются сложными распределенными, гетерогенными системами, включая системы экстрамассивного параллелизма, и системами распределенного хранения огромных массивов данных.
- \* Многоуровневый программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий эффективное функционирование всех процессов (система сбора, обработки, хранения, анализа данных) мегасайенс проекта, объединенной единой программной средой, называется **цифровой платформой**.

# Computing in High Energy and Nuclear Physics



The interface of the uniform environment should provide a way for organization of collective development, solution of problems of various complexity and subject matter, management and processing of data of various volumes and structures, training and organization of scientific and research processes.

# Data Collection and Archiving at CERN



# The Worldwide LHC Computing Grid

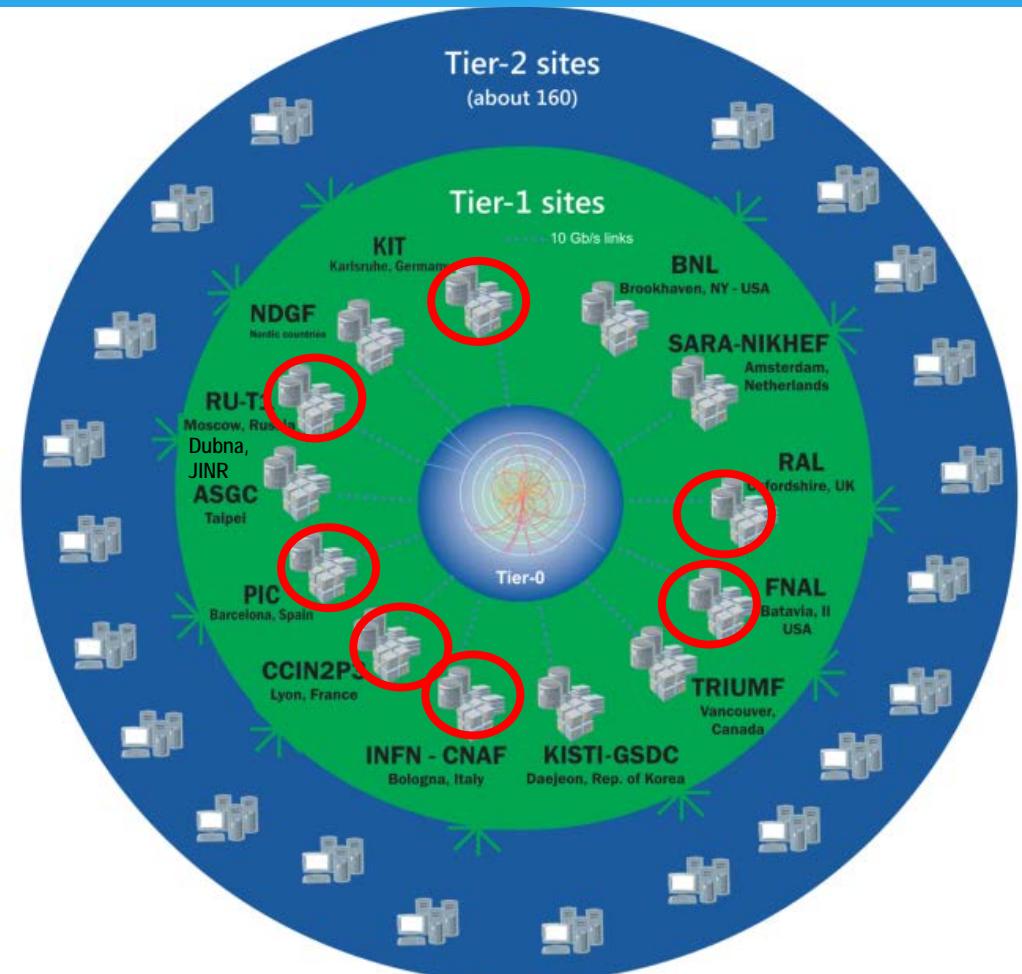
**Tier-0 (CERN):**  
data recording,  
reconstruction and  
distribution

**Tier-1:**  
permanent storage,  
re-processing,  
analysis

**Tier-2:**  
Simulation,  
end-user analysis

**WLCG:**  
An International collaboration to distribute and analyse LHC data

Integrates computer centres worldwide that provide computing and storage resource  
into a single infrastructure accessible by all LHC physicists



nearly 180 sites,  
45 countries

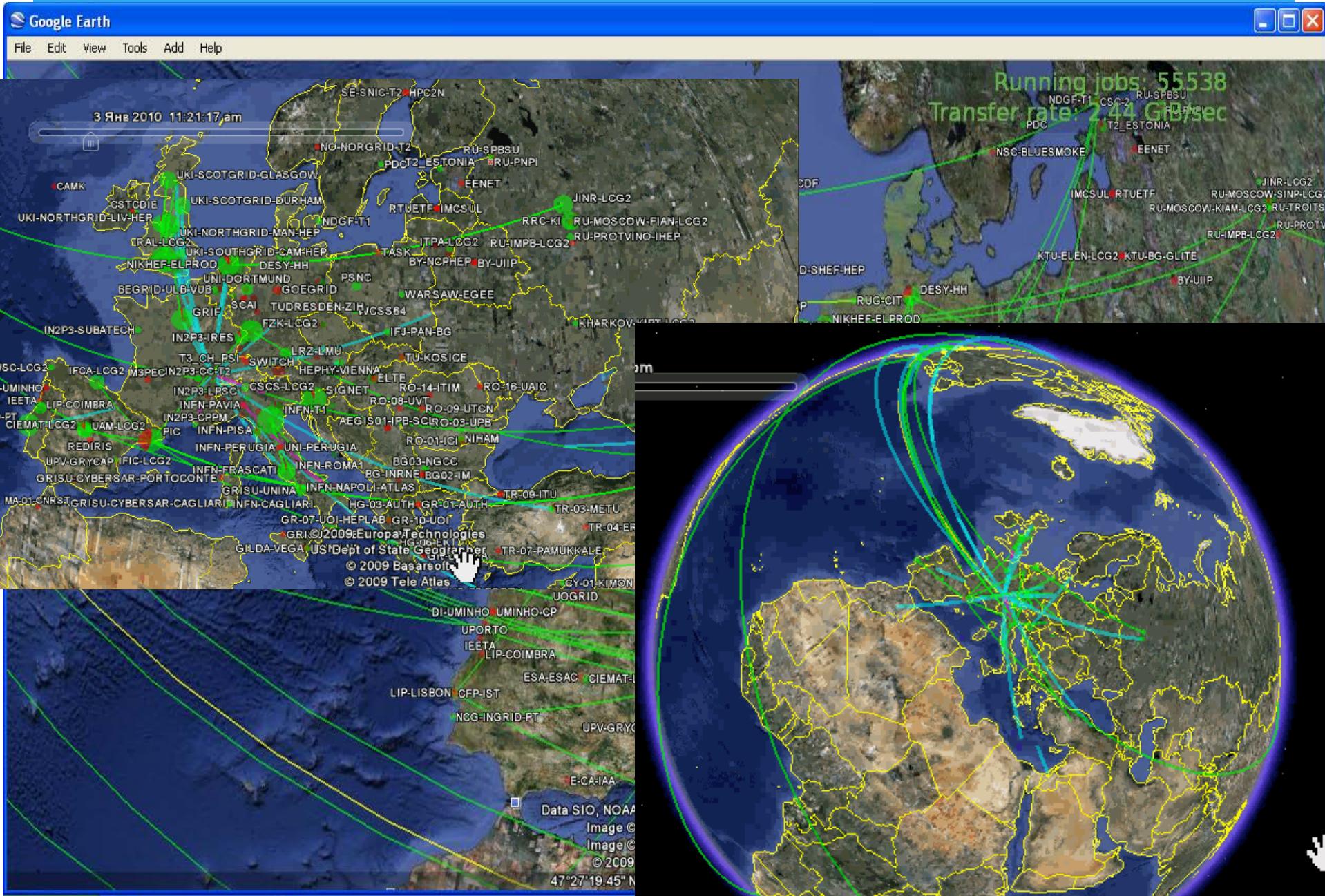
1 000 000 cores

1 EB of storage

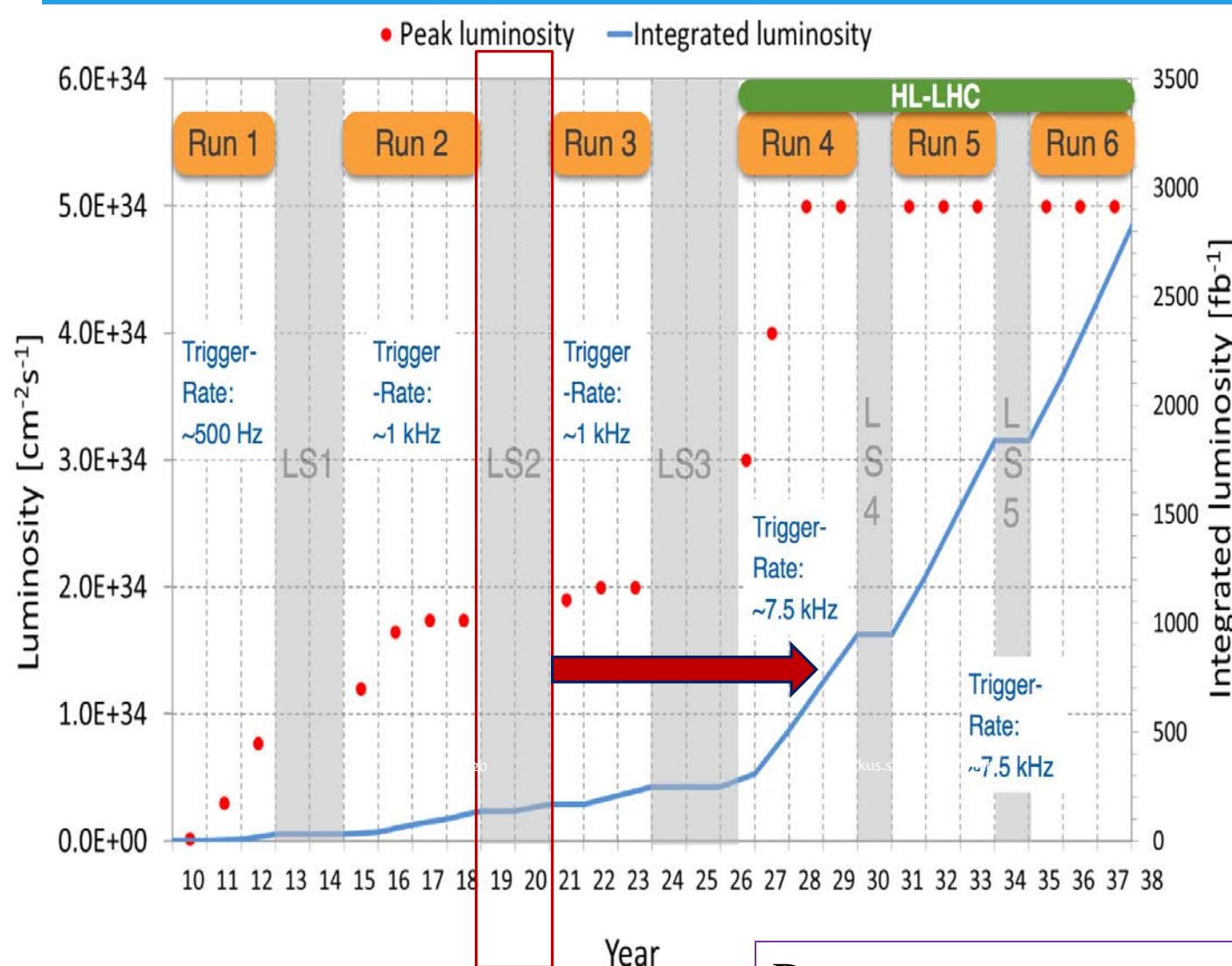
> 3 million jobs/day

10-100 Gb links

# The Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)



# LHC Schedule



Data:

RAW → 2027: 600 PB

Derived (1 copy): → 2027: 900 PB

Run 3

ALICE,  
LHCb  
upgrades

Run 4

ATLAS,  
CMS  
upgrades

# Эволюция модели комьютина

- \* Расширение компьютерных ресурсов за счет использования внешних невыделенных ресурсов (HLT, Clouds, HPC...)
- \* Изменения модели комьютина в каждом эксперименте, с целью оптимизации использования ресурсов
- \* Значительные усилия вкладываются в развитие программного обеспечения, чтобы улучшить общую производительность при использовании современных архитектур (многоядерность, GPU...)
- \* Оптимизации процессов обработки, количество хранящихся реплик данных и др.

# Распределенная модель

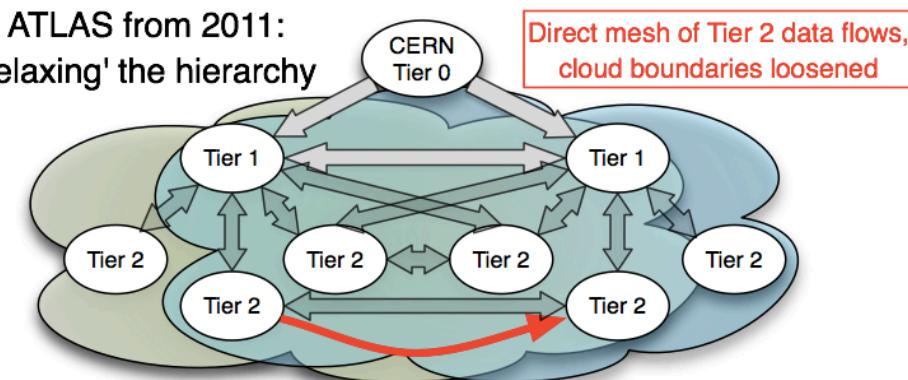
Производительность и надежность сетей превысили ожидания

- \* 10 Гбит/с → 100 Гбит/с в крупных центрах
- \* 100 Гбит/с трансатлантические каналы связи
- \* Многие центры уровня Tier2 подключены на скорости 10 Гб/с или выше

Строгая иерархическая модель развивались, чтобы наилучшим образом использовать имеющиеся возможности

- \* Отойти от строгих ролей уровней к более функциональным для обеспечения качества обслуживания
- \* Лучше использовать в целом распределенную систему

Сосредоточиться на использовании ресурсов/возможностей, а не “уровня” роли”



# HEP software

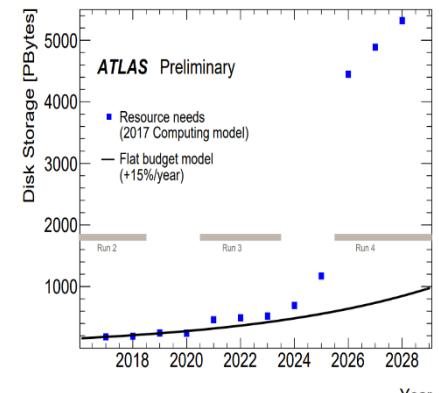
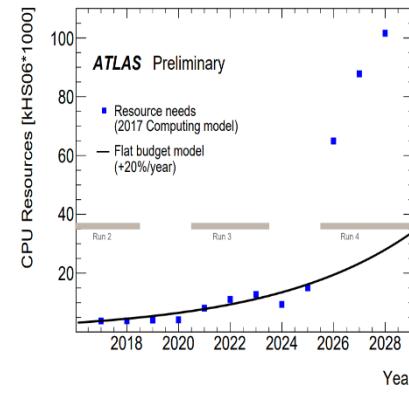
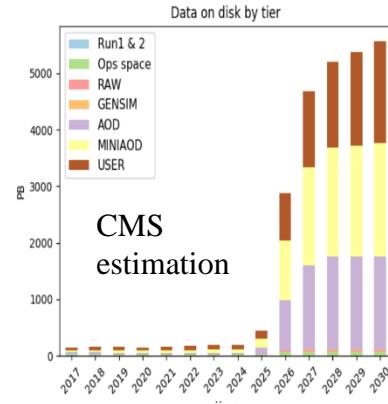
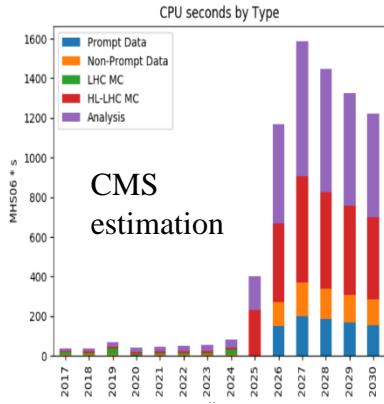
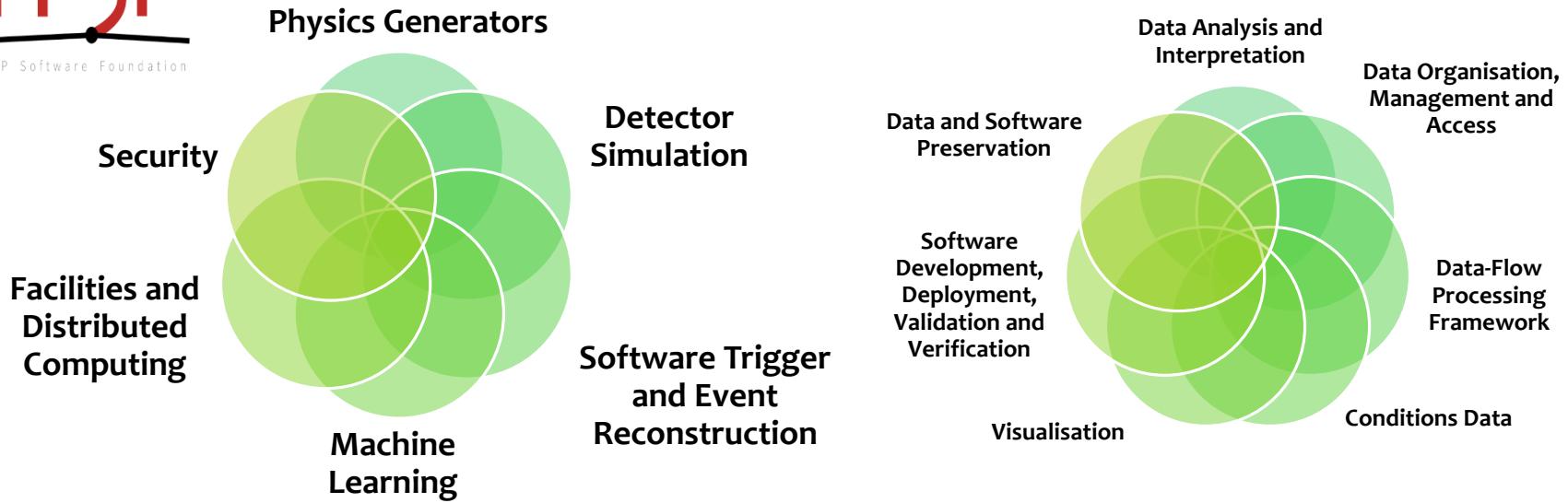
## Необходимость модернизации HEP software

- \* новые архитектуры, параллелизм, векторизация, новые структуры данных и др.

## Создание HEP Software Foundation (HSF)

- \* Удовлетворение быстрорастущих потребностей для моделирования, реконструкции и анализа текущих и будущих HEP экспериментов
- \* Поддержка новых проектов, которые направлены на адаптацию к новым технологиям, повысить производительность, обеспечить инновационный потенциал или уменьшить затраты на обслуживание,
- \* Определить приоритеты и дорожные карты,
- \* Содействие сотрудничеству с научными организациями и разработчиками программного обеспечения

# CHALLENGE: R&D of software to acquire, manage, process, and analyse the big amounts of data to be recorded



# Управление данными и сервисами

## Развитие средств управления данными

- \* Федерации данных позволяют получить доступ к удаленным данным
- \* Более интеллектуальные алгоритмы распределения данных, лучшая очистка неиспользуемых данных (“data popularity”)
- \* Значительно улучшен сервис передачи файлов File Transfer Service (FTS)
- \* Значительные улучшения производительности программного обеспечения

**Обновлены инструменты обработки и анализа (production and analysis tools) для многоядерных и многопоточных приложений**

**Упрощение грид-сервисов, уменьшение сложности, больше централизации**

**Широкие возможности доступа к данным**

- \* Доступ к любым данным с любого сайта без необходимости предварительной загрузки данных
- \* Оптимизации доступа к данным с рабочих мест: удаленный доступ, удаленный I/O
- \* эффективное кэширование на всех уровнях

**Более интеллектуальное размещение данных/кэширование**

**Федеративные хранилища важны для больших данных**

# Платформа DIRAC

- \* DIRAC has all the necessary components to build ad-hoc grid infrastructures **interconnecting** computing resources of different types, allowing **interoperability** and simplifying **interfaces**.
- \* This allows to speak about the DIRAC **interware**.



# PanDa в эксперименте ATLAS



В эксперименте ATLAS на Большом адронном коллайдере разработана платформа для управления вычислительными ресурсами PanDA Workload Management System (WMS), которая обладает следующими возможностями:

- Проект PanDA начался в 2005 году группами BNL и UTA - **Production and Data Analysis system**.
- Автоматизированная и гибкая система управления заданиями, которая может оптимально сделать распределенные ресурсы доступными пользователю.
- С помощью PanDA, физики видят единый вычислительный ресурс, который предназначен для обработки данных эксперимента, даже если data-центры разбросаны по всему миру
- PanDa изолирует физиков от аппаратного обеспечения, системного и промежуточного программного обеспечения и других технологических сложностей, связанных с конфигурированием сети и оборудования.
- Вычислительные задачи автоматически отслеживаются и выполняются. Могут выполняться групповые задачи физиков

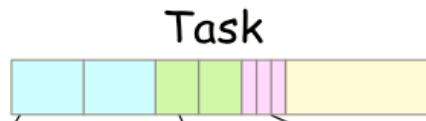
**В настоящее время PanDa контролирует:**

- **сотни data - центров в 50 странах мира**
- **сотни тысяч вычислительных узлов**
- **сотни миллионов заданий в год**
- **тысячи пользователей**

# Dynamic Job Definition in PanDA

- Workload partitioning for traditional and opportunistic resources

JEDI/PanDA server



Job



HPC

Filling available nodes and time slots quickly

Job



Grid

Optimization for each grid site

Job



Commercial  
Clouds

Economical usage on Amazon EC2 spot market

Job

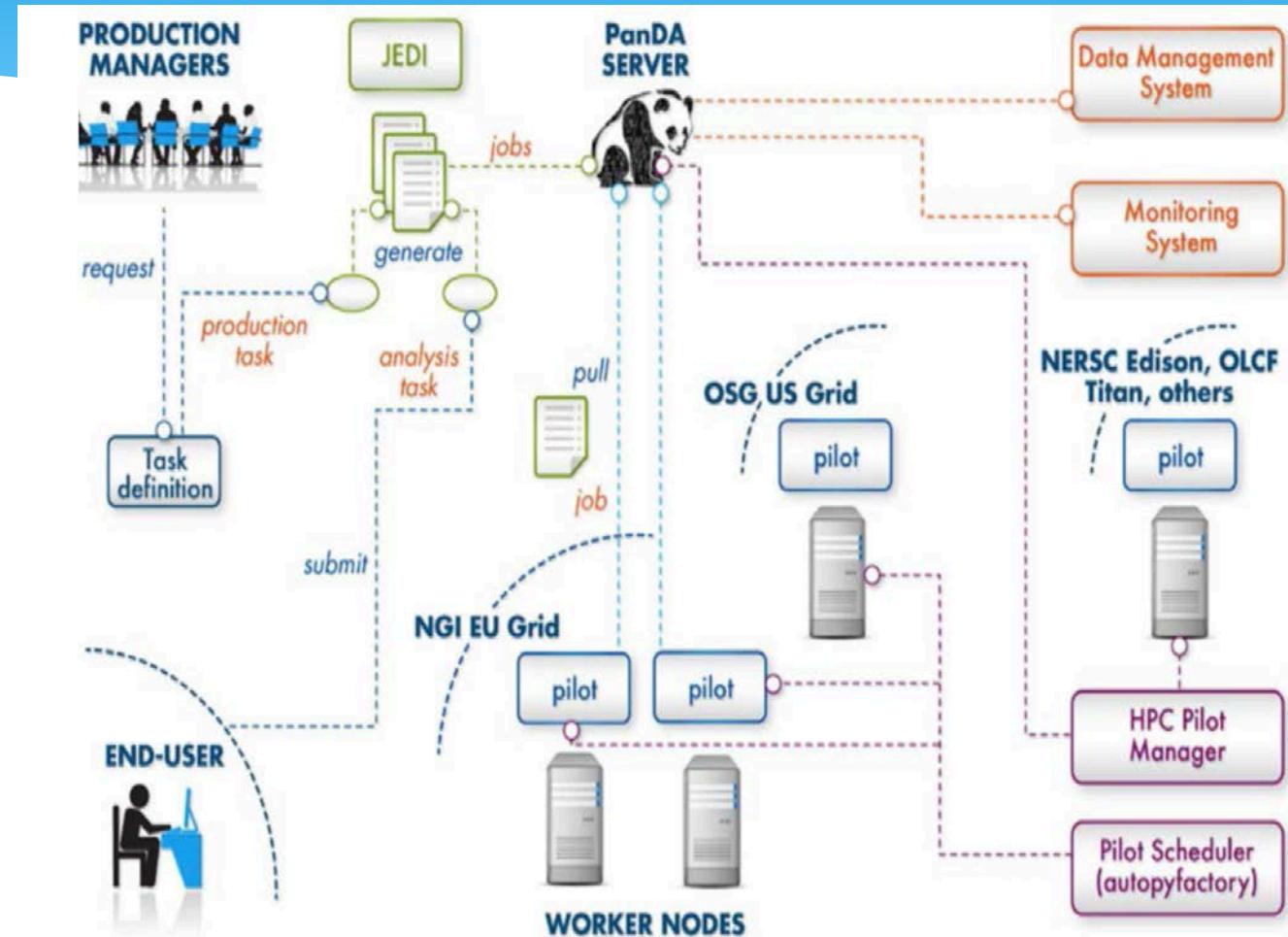


Volunteer computing

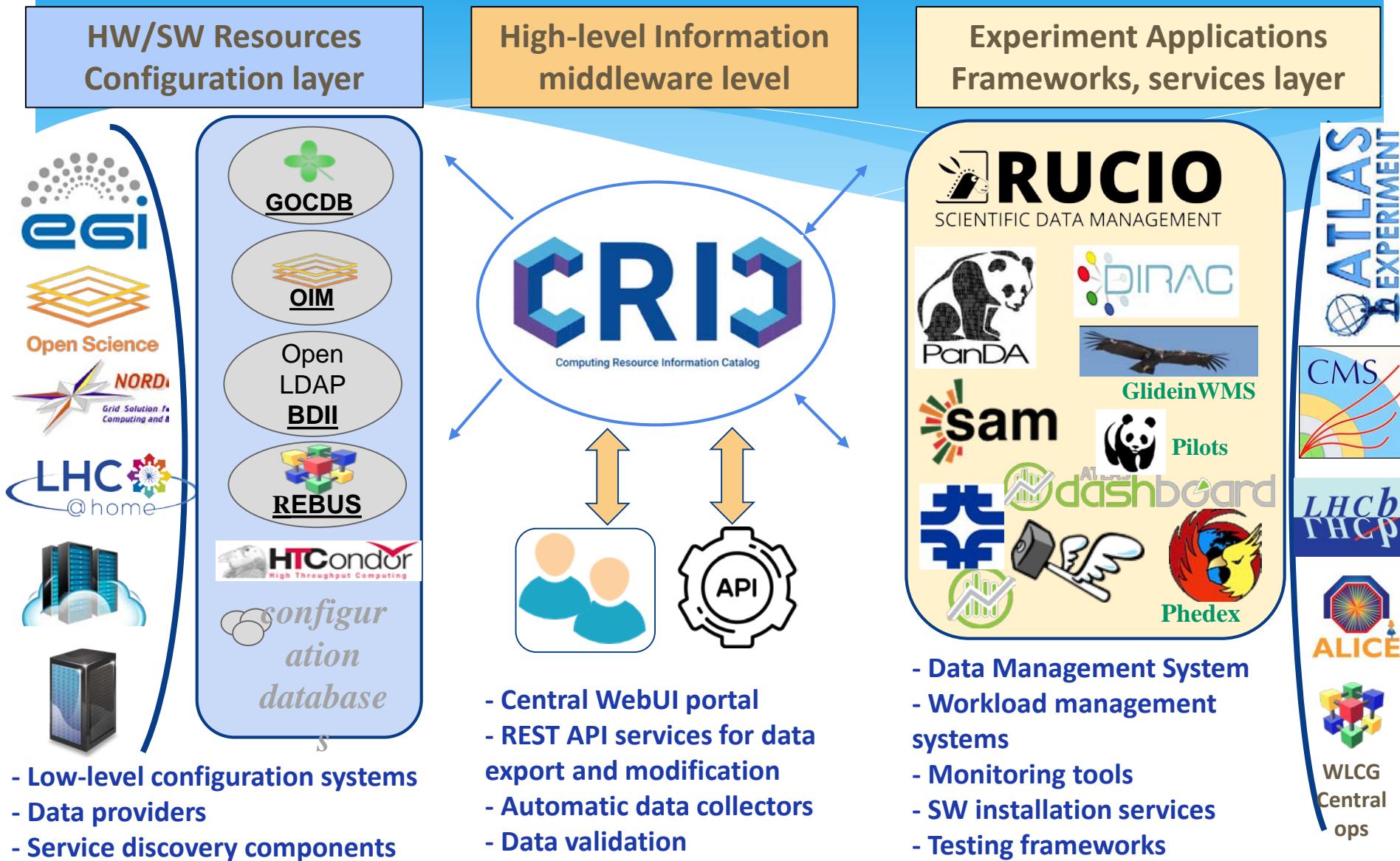
Event level partitioning to minimize losses due to early terminations

# PanDA at nutshell

- \* Pilot based job execution system
  - \* Pilot manages job execution on local resources, as well as data movement for the job
- \* Payload is sent only after pilot execution begins on Compute Element
  - \* Minimize latency, reduce error rates



# CRIC: a unified topology system for a large scale, heterogeneous and dynamic computing infrastructure



# CRIC family

in production

development

integration

future

**CMS CRIC**



core-0.2.7  
cms-0.2.6

**ATLAS CRIC**



core-0.3.1  
atlas-0.1.1

**COMPASS CRIC**



core-0.2.3  
compass-rc

**NICA CRIC**



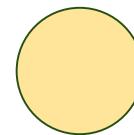
.

**WLCG CRIC**



core-0.3.1  
wlcg-0.1.6

**lightweight CRIC**



ongoing

**DOMA CRIC**



core-0.3.0  
doma-rc

..

- ' **CRIC** offers a common framework describing generic distributed computing infrastructure with also an advanced functionality enabled to describe all necessary Experiment specific configurations.

# Rucio: Scientific Data Management

- \* Rucio is an open-source software framework that provides scientific collaborations with the functionality to organize, manage, and access their data at scale. The data can be distributed across heterogeneous data centers at widely distributed locations. Rucio was originally developed to meet the requirements of the high-energy physics experiment ATLAS, and now is continuously extended to support the LHC experiments and other diverse scientific communities.

# CHALLENGES: distributed data storage evolution: DATALAKES

## GOAL:

- to provide a computing infrastructure to the experiments and the community to store and analyze data,
- to achieve storage consolidation where geographically distributed storage centers (potentially deploying different storage technologies) are operated and accessed as a single entity.



EOS - a CERN open-source storage software solution to manage multi PB storage.

XRootD - core of the implementation framework providing a feature-rich remote access protocol.



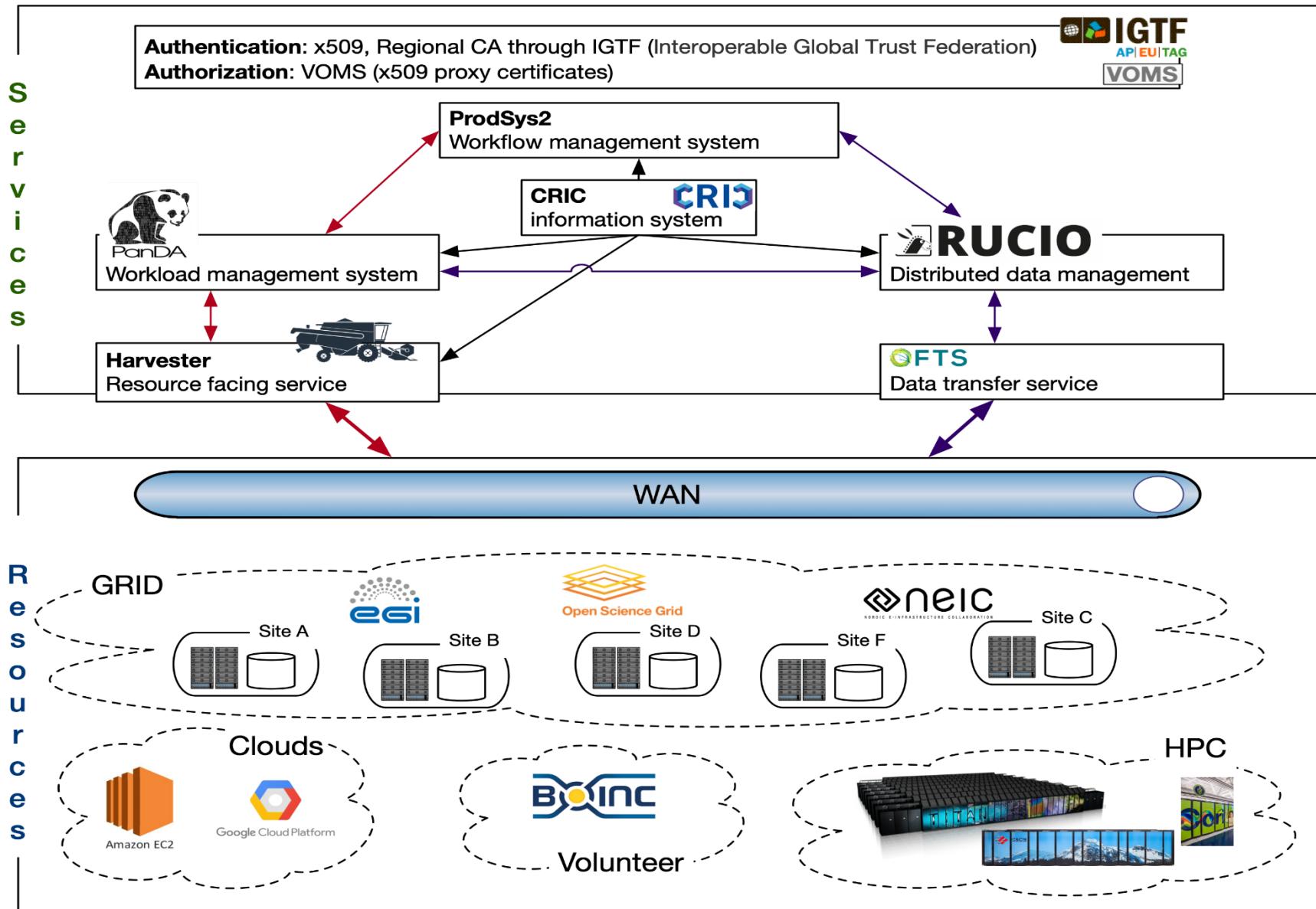
Improvement of already existing production quality Data Management services.

Scalable technologies for federating storage resources and managing data in highly distributed computing environments.

# Основные принципы архитектуры научного озера данных

- логическое разделение вычислительной инфраструктуры и хранения данных;
- наличие сервисов высокого уровня (управления потоками заданий, загрузкой и данными), взаимодействующих со всеми элементами инфраструктуры и управляющих использованием ресурсов;
- наличие иерархической, географически распределенной структуры из региональных озер данных различного объема с определенной сетевой топологией, внутренними механизмами балансировки, поддержки целостности и необходимой избыточности данных;
- наличие «умных» сервисов для передачи данных между всеми компонентами инфраструктуры, а также сервисов для определения и предсказания объемов вычислительных ресурсов, необходимых для выполнения потоков заданий.

# ATLAS computing



# Worldwide LHC Computing Grid Project (WLCG)

The primary goal of the WLCG project is to create a global infrastructure of regional centers for processing, storage and analysis of data of the LHC physical experiments.

The grid-technologies are a basis for constructing this infrastructure.

A protocol between CERN, Russia and JINR on participation in the LCG project was signed in 2003. MoU about participation in the WLCG project was signed in 2007.

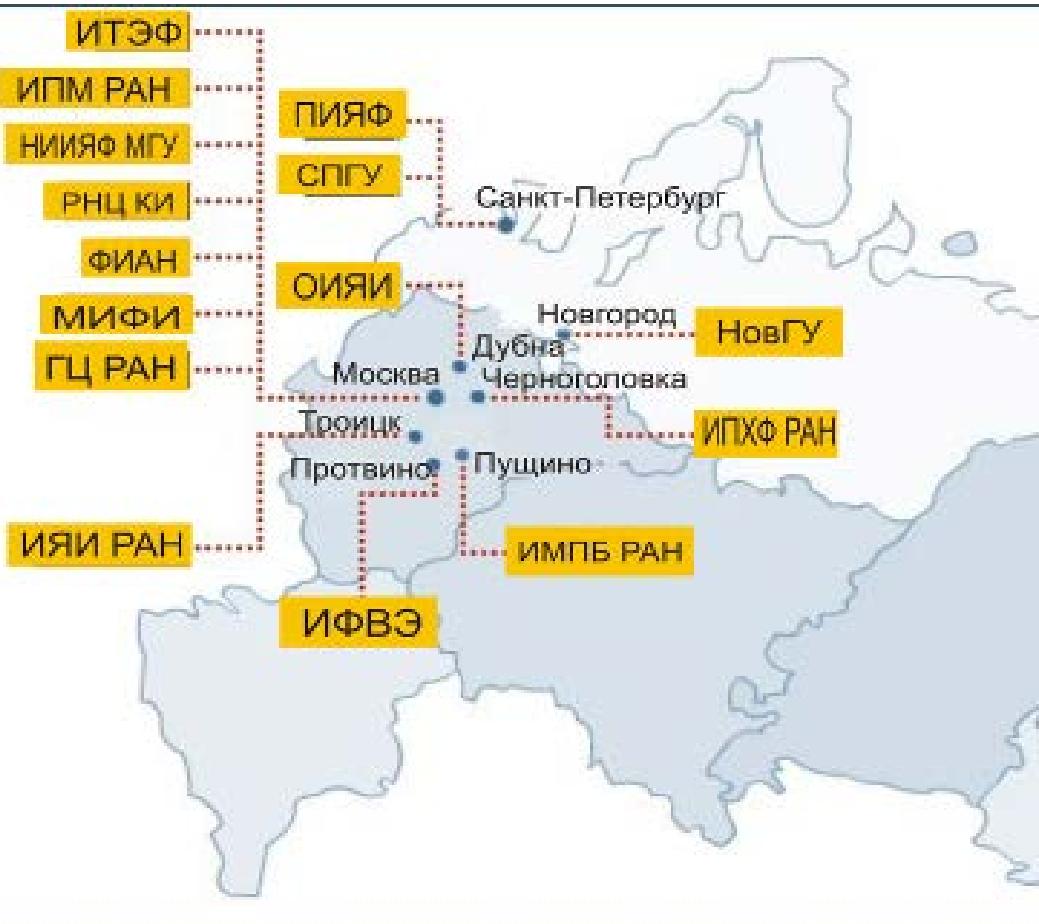
Tasks of the  
Russian centers  
and JINR within  
WLCG :

- Creation of a complex of tests for WLCG software
- Introduction of WLCG services for experiments
- Development of WLCG monitoring systems
- Development of simulation packages for experiments
- Creation of a Tier1 center in Russia

# Russian Data Intensive Grid infrastructure (RDIG)

The Russian consortium RDIG (Russian Data Intensive Grid), was set up in September 2003 as a national federation in the EGEE project.

In 2010 the RDIG infrastructure comprises **10 Resource Centers** with **> 3000 CPU** and **> 5000 TB** of disc storage.



## ***RDIG Resource Centres:***

- ITEP
- JINR-LCG2 (Dubna)
- RRC-KI
- RU-Moscow-KIAM
- RU-Phys-SPbSU
- RU-Protvino-IHEP
- RU-SPbSU
- Ru-Troitsk-INR
- ru-IMPB-LCG2
- ru-Moscow-FIAN
- ru-Moscow-MEPHI
- ru-PNPI-LCG2 (Gatchina)
- ru-Moscow-SINP
- Kharkov-KIPT (UA)
- BY-NCPHEP (Minsk)
- UA-KNU
- UA-BITP

## Russia — Normalized Elapsed time (HEPSPEC06) \* Number of Processors (hours) by Resource Centre and VO (last 10 months)

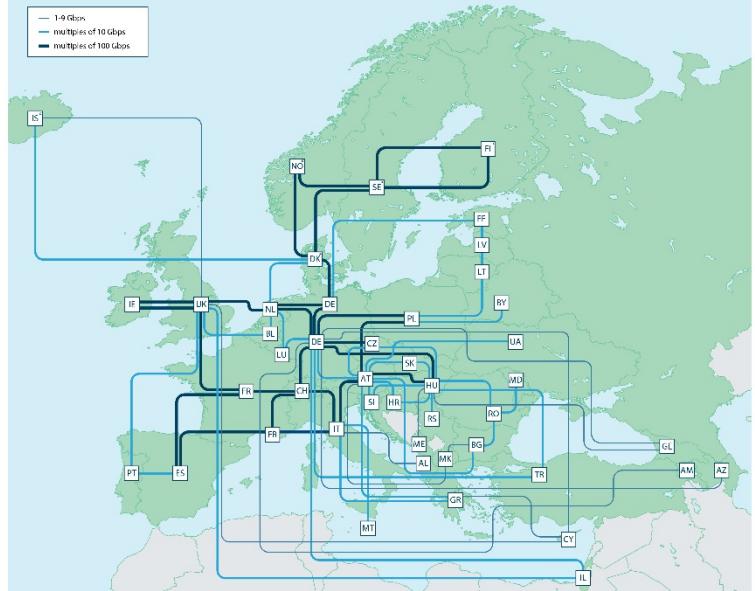
*	<b>Site</b>	<b>alice</b>	<b>atlas</b>	<b>cms</b>	<b>lhcb</b>	<b>Total</b>	<b>Percent</b>
*	<b>JINR-T1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,088,916</b>	<b>0</b>	<b>1,088,916</b>	<b>46.19%</b>
*	<b>JINR-T2</b>	<b>62,059</b>	<b>51,569</b>	<b>98,202</b>	<b>51,669</b>	<b>263,384</b>	<b>11.17%</b>
*	<b>RRC-KI-T1</b>	<b>282,895</b>	<b>300,207</b>	<b>0</b>	<b>152,695</b>	<b>735,798</b>	<b>31.21%</b>
*	<b>RRC-KI-T2</b>	<b>14,496</b>	<b>1,435</b>	<b>0</b>	<b>6,828</b>	<b>22,760</b>	<b>0.97%</b>
*	<b>RU-IHEP</b>	<b>36,705</b>	<b>48,761</b>	<b>41,480</b>	<b>37,449</b>	<b>164,396</b>	<b>6.97%</b>
*	<b>ITEP</b>	<b>13,433</b>	<b>8,342</b>	<b>6,904</b>	<b>10,080</b>	<b>38,760</b>	<b>1.64%</b>
*	<b>PNPI</b>	<b>8,401</b>	<b>2,201</b>	<b>0</b>	<b>6,462</b>	<b>17,065</b>	<b>0.72%</b>
*	<b>SARFTI</b>	<b>813</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>813</b>	<b>0.03%</b>
*	<b>SPbSU</b>	<b>5,046</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>377</b>	<b>5,424</b>	<b>0.23%</b>
*	<b>INR</b>	<b>2,219</b>	<b>0</b>	<b>15,913</b>	<b>2,169</b>	<b>20,302</b>	<b>0.86%</b>
*	<b>Total</b>	<b>426,072</b>	<b>412,518</b>	<b>1,251,299</b>	<b>267,732</b>	<b>2,357,244</b>	
*	<b>Percent</b>	<b>18.07%</b>	<b>17.50%</b>	<b>53.07%</b>	<b>11.36%</b>		

Country	Total	Percent
United States of America	14,353,309,886	21.85%
Switzerland	11,827,816,154	18.01%
Italy	8,147,963,331	12.40%
Germany	5,774,156,381	8.79%
United Kingdom	5,674,877,252	8.64%
France	5,121,908,016	7.80%
Russia	2,357,622,552	3.60% (JINR – 1,352,300,264)
Canada	2,356,189,976	3.59%
Spain	1,622,663,988	2.47%
Netherlands	1,039,705,220	1.58%
Sweden	994,246,136	1.51%
Japan	975,366,029	1.48%
Poland	649,229,705	0.99%
Czech Republic	569,911,773	0.87%

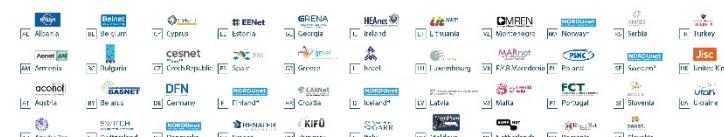
# Сеть GEANT и глобальные научно-образовательные сети



GEANT's pan-European **research and education network** interconnects Europe's National Research and Education Networks (NRENs). Together we connect over **50 million users** at 10,000 institutions across Europe.

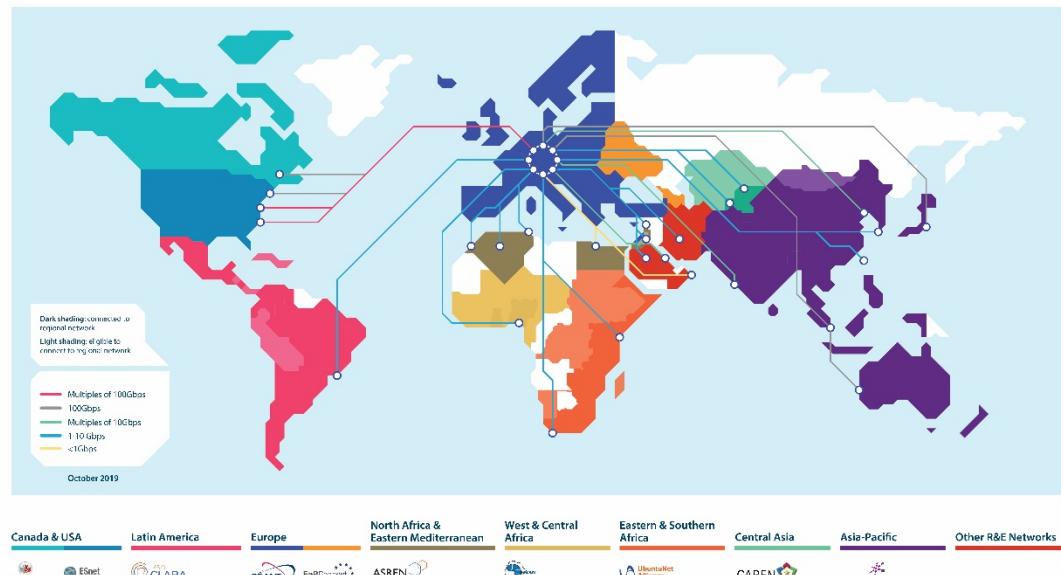


GEANT's pan-European network is funded by the GEANT Project (GNA-2), which received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement 731122. Connectivity to the Eastern Partnership countries (AM, AZ, BY, GE, MD, UA) is provided through the EaRConnect project, with 95% funding from the European Commission DG NEAR under grant agreement 2015-256933. The map shows topology as at December 2018. The GNA-2 and EaRConnect partners are listed below.



\*Connections between these countries are part of NORDUnet (the Nordic regional network)

AT THE HEART OF GLOBAL RESEARCH  
AND EDUCATION NETWORKING



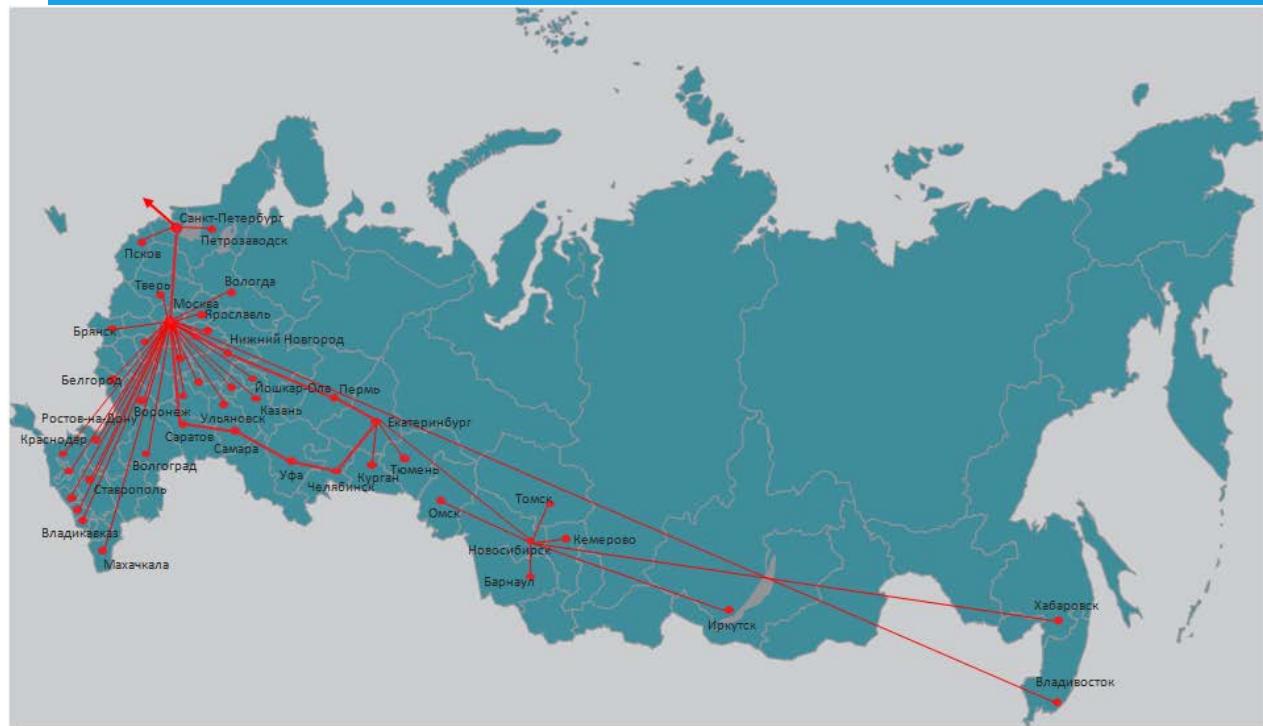
geant.org



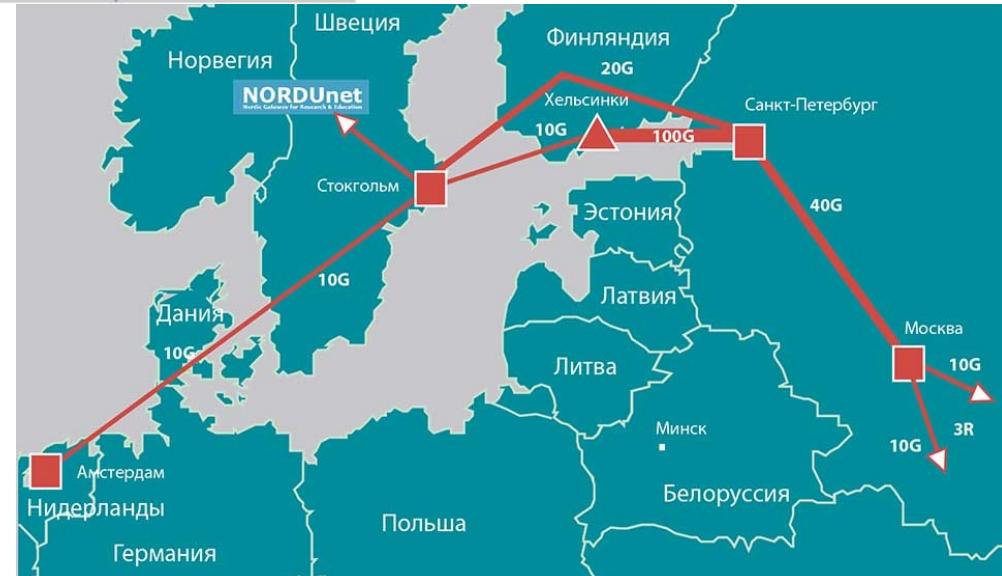
This document has been produced at the financial assistance of the European Union. The contents of this document are the sole responsibility of GEANT and can under no circumstances be regarded as reflecting the views of the European Union.

geant.org

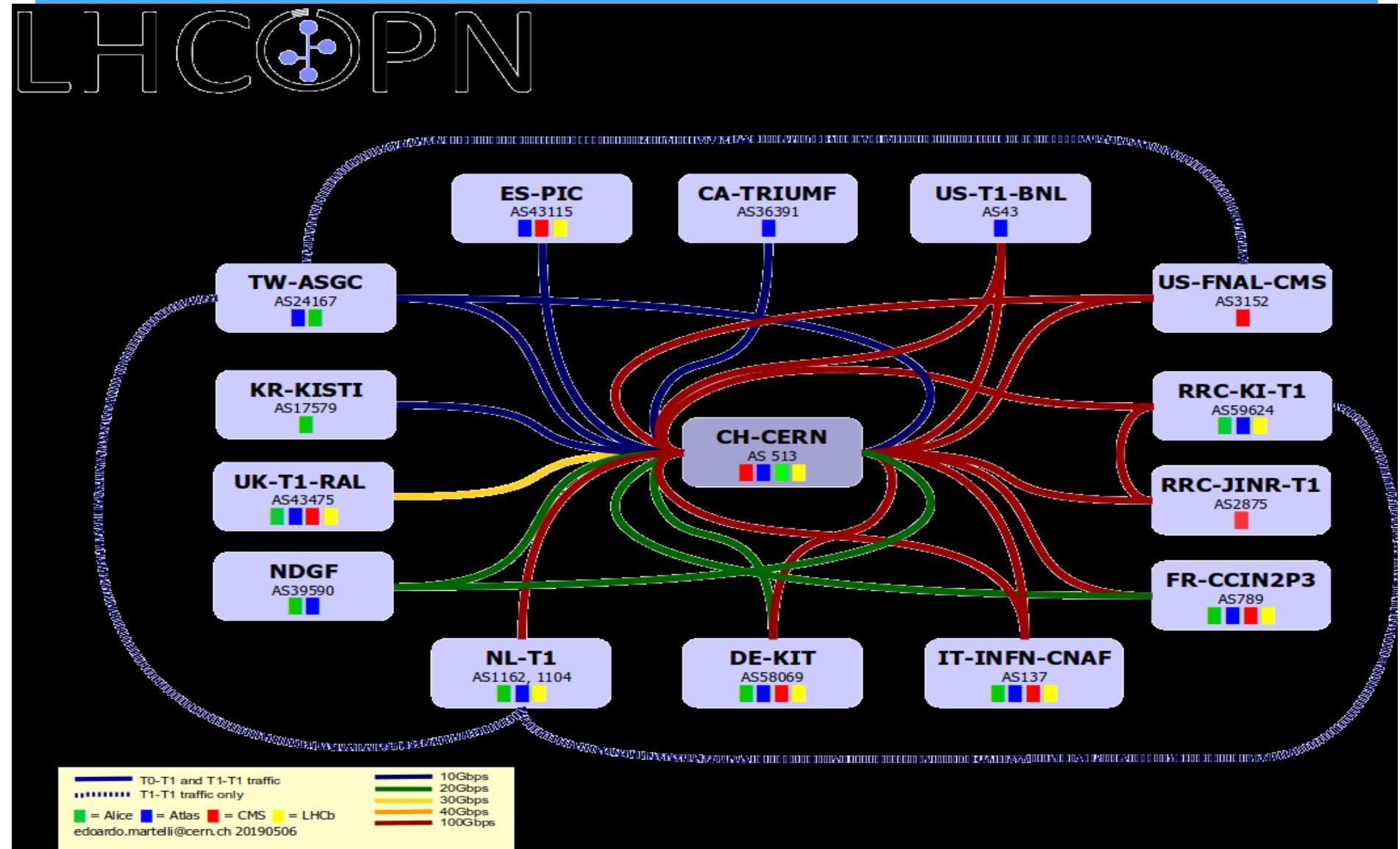
# Сеть RUNNET



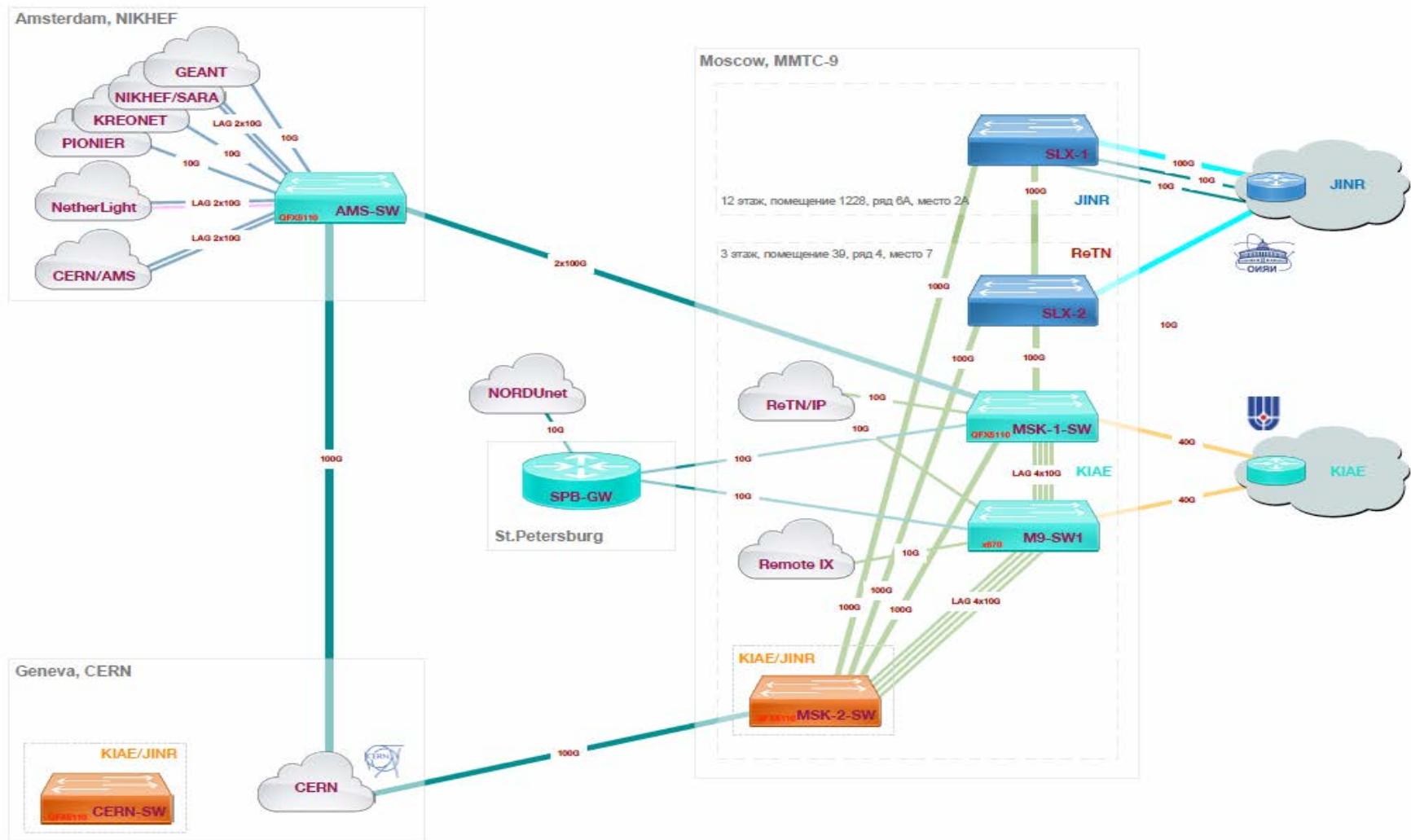
RUNNet участвует в прямом межсетевом обмене с крупнейшими российскими и зарубежными сетями:  
в России – в Москве ([MSK-IX](#) - 10 Гбит/с),  
Санкт-Петербурге ([SPB-IX](#) - 1 Гбит/с,  
[DATA-IX](#) - 10 Гбит/с), Новосибирске  
([NSK-IX](#) - 100 Мбит/с), так и за рубежом –  
Амстердаме ([AMS-IX](#) - 10 Гбит/с) и  
Хельсинки (HEL-NOX).



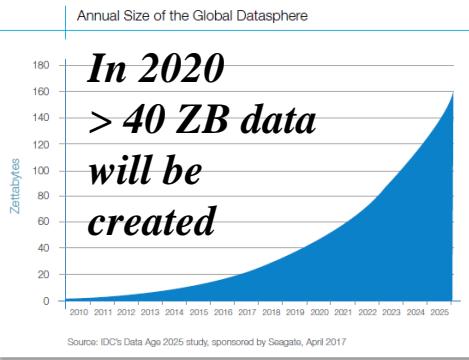
# Сеть LHCOPN



# Сеть RDIG-M для мегасайенс проектов



# Big Data + HPC (HPDA - High Performance Data Analysis)



Annual data  
production follows  
to exponential law.

## High Energy Physics

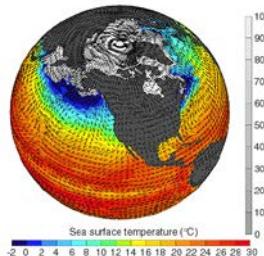


## Science

### Astrophysics

CERN Large Hadron Collider (HL)  
> 600 Pb/Year

## Climate

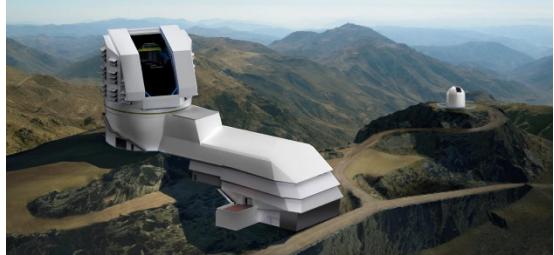
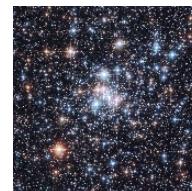
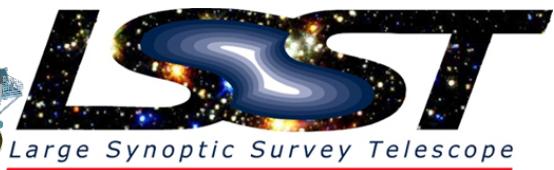
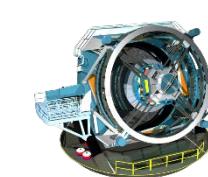


Square Kilometer  
Array radio telescope  
(SKA) > 1 Eb/Year  
(estimation)



An International radiotelescope  
for the 21st century

...et cetera

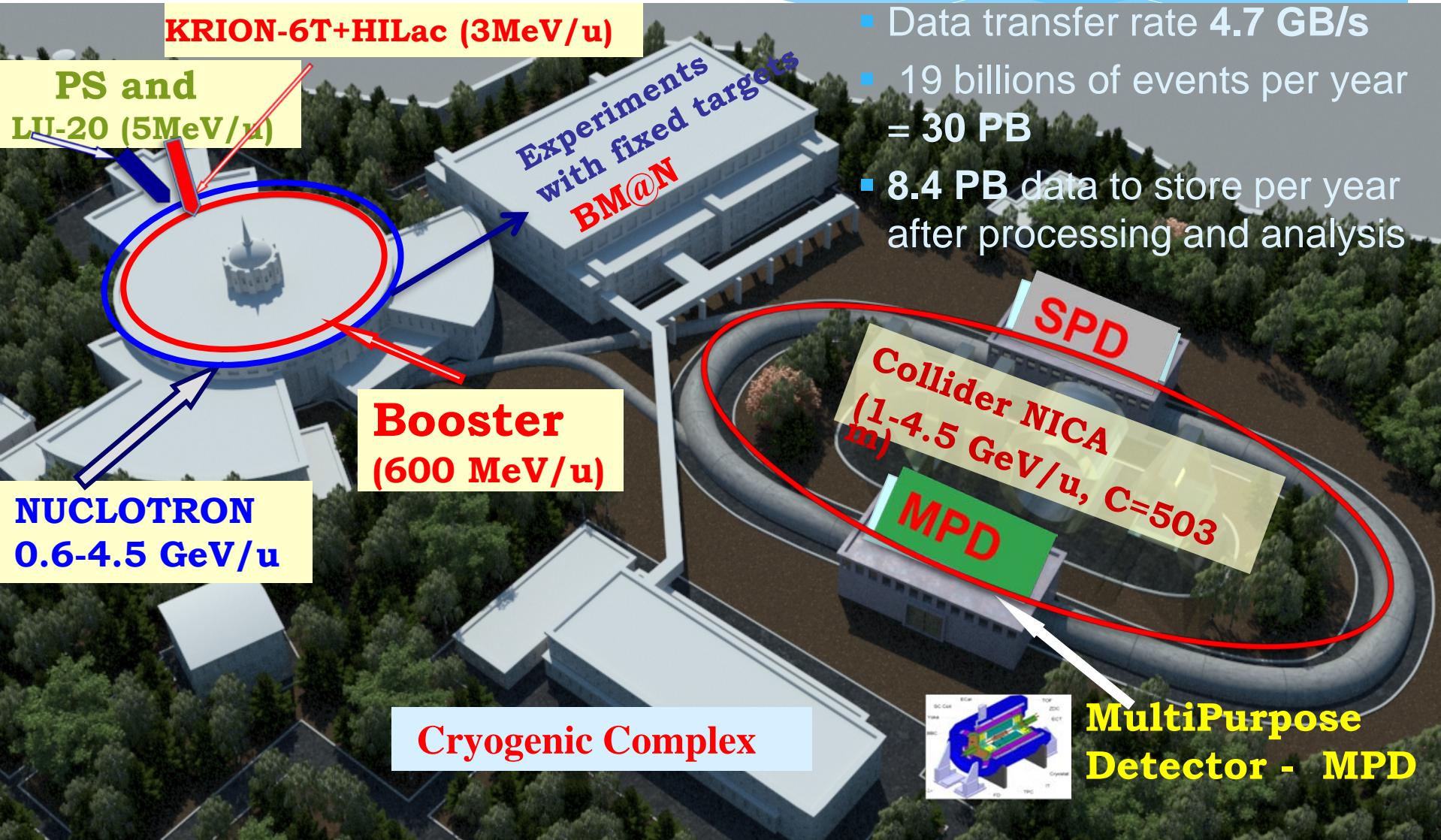


Large Synoptic Survey Telescope (LSST) > 10  
Pb/Year (estimation)

# NICA Complex: New era in the hot dense matter science

## Collider basic parameters:

$\sqrt{s_{NN}} = 4\text{-}11 \text{ GeV}$ ; beams: from p to Au;  $L \sim 10^{27} \text{ cm}^{-2} \text{ c}^{-1}$  (Au),  $\sim 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ c}^{-1}$  (p)



# JINR Laboratory of Information Technologies

Laboratory of Information Technologies of the Joint Institute for Nuclear Research in Dubna was founded in August 1966.

The main directions of the activities at the Laboratory are connected with the provision of networks, computer and information resources, as well as mathematical support of a wide range of research at JINR in high energy physics, nuclear physics, condensed matter physics, etc.

**Computing is an integral part of theory, experiment, technology development**

Many recent successes only possible because of significant community effort to develop and advance the necessary computing tools!



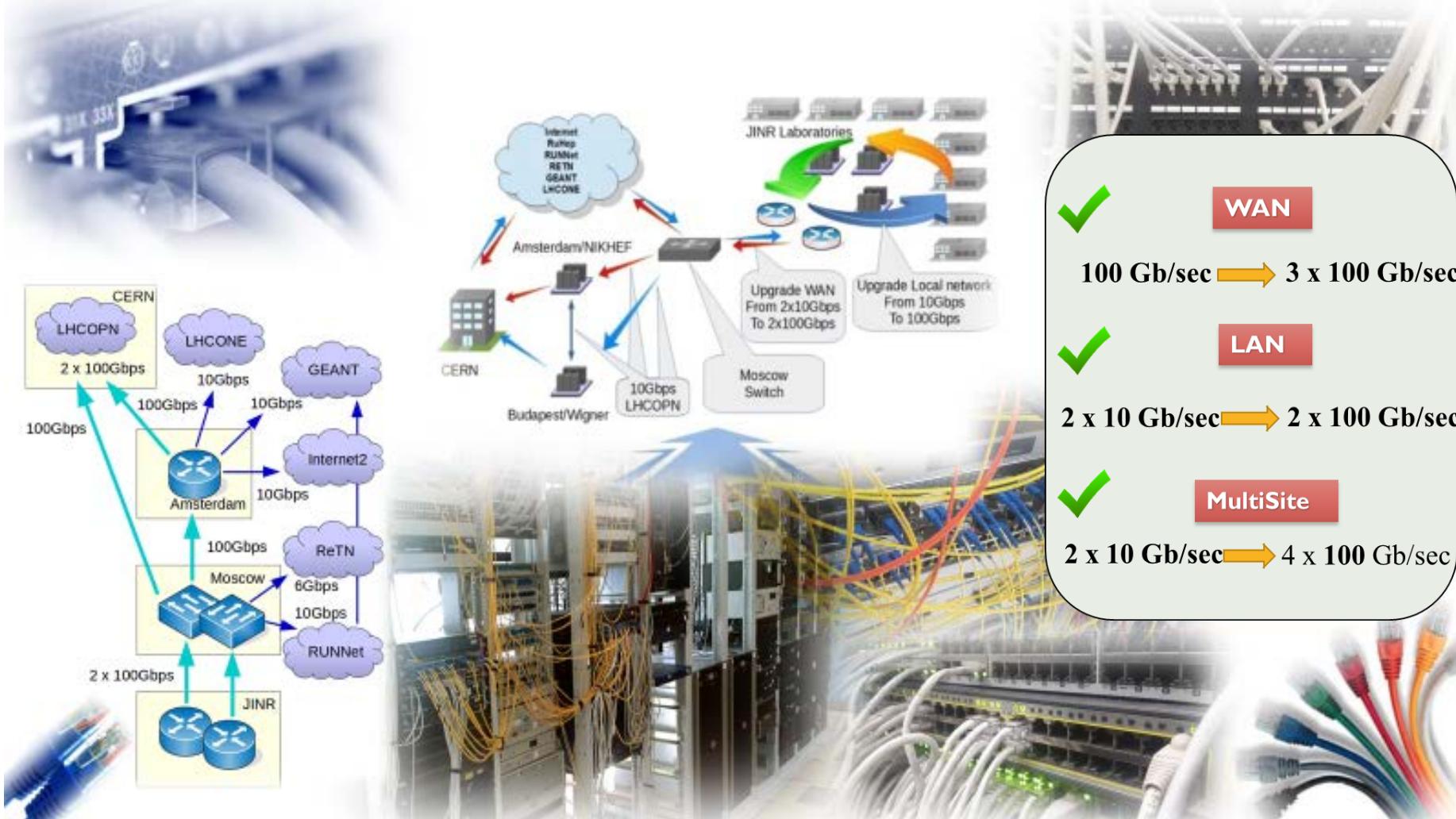
M.G. Mescheryakov



N.N. Govorun



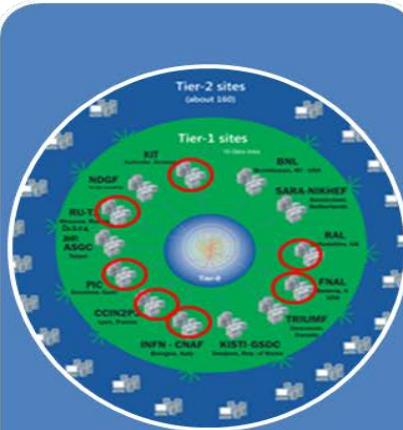
# JINR Network and telecommunication



Comprises 8008 computers & nodes, Users – 7715, IP – 14154, Remote VPN and EDUROAM users – 396, E-library- 1505, mail.jinr.ru-2677, AFS -369, VOIP – 131

# Multifunctional Information and Computing Complex

## Main components



Grid-Tier1:  
10688 cores  
12.85 PB disk  
12.5+40 PB tape



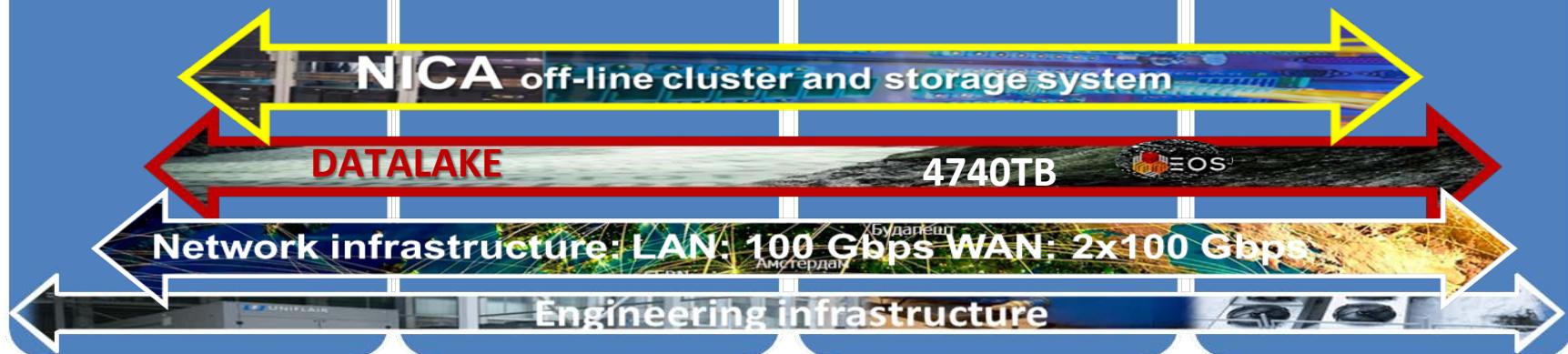
Grid-Tier2  
CICC:  
4728 cores  
3.7 PB disk



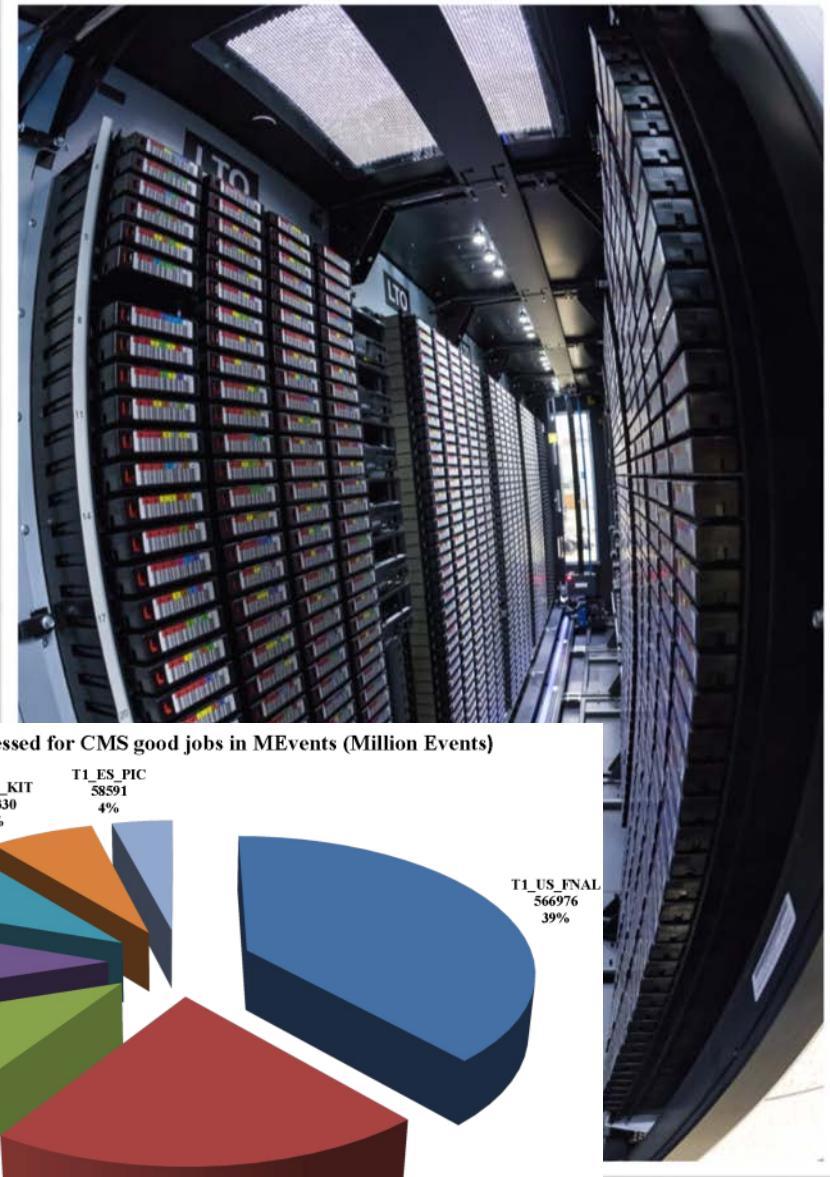
Cloud:  
1872 CPU  
8.142 TB RAM  
1.3 PB disk



HPC Govorun  
Peak ~0.86 Pflops  
HybriLIT:  
~70 Tflops



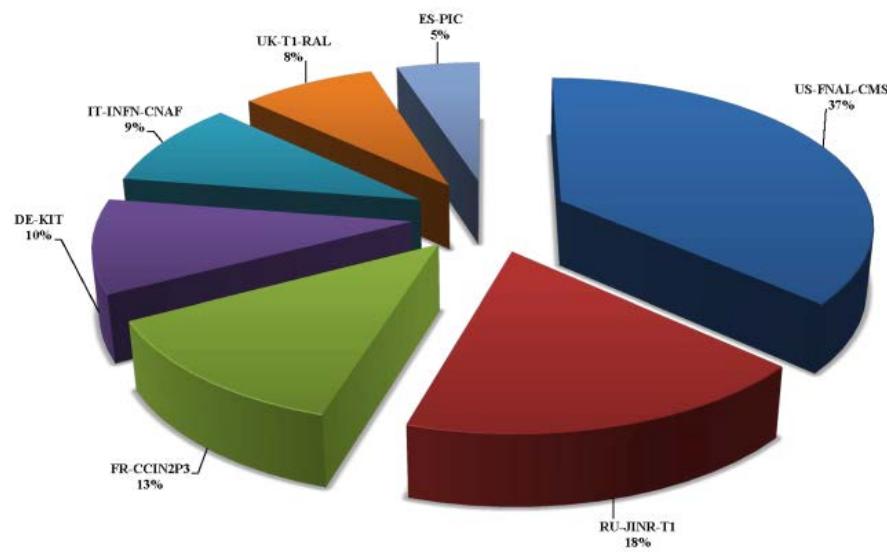
# JINR Tier1 for CMS



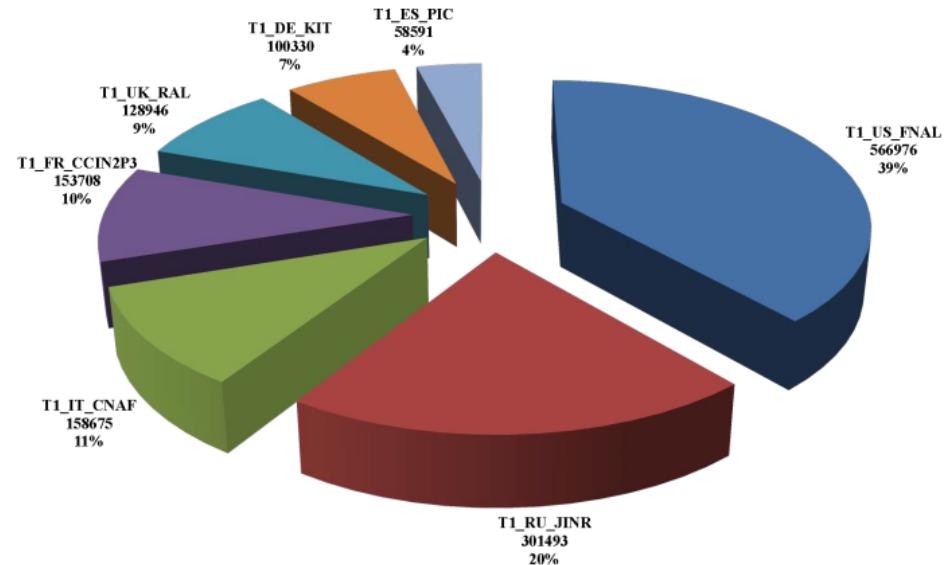
**10 688 cores**  
**~160 000 HEPSpec06**  
**12.85 PB disk**  
**12.5 + 40 PB tapes**  
**100% reliability and availability**

# Статистика Tier1 CMS центров за 2019 год

Tier1 — Sum CPU Work (HS06 hours) Year 2019 for CMS



NEvents processed for CMS good jobs in MEvents (Million Events)



* <b>US-FNAL-CMS</b>	<b>1,891,461</b>	<b>34,7%</b>
* <b>RU-JINR-T1</b>	<b>1,088,916</b>	<b>20,0%</b>
* <b>FR-CCIN2P3</b>	<b>602,687</b>	<b>11,0%</b>
* <b>DE-KIT</b>	<b>564,915</b>	<b>10,3%</b>
* <b>UK-T1-RAL</b>	<b>545,622</b>	<b>10,0%</b>
* <b>IT-INFN-CNAF</b>	<b>526,155</b>	<b>9,6%</b>
* <b>ES-PIC</b>	<b>214,433</b>	<b>3,9%</b>

# Experiments that are processed by the MICC within and outside grid



# HYBRILIT HETEROGENEOUS COMPUTING PLATFORM

HybriLIT education and testing cluster

Unified software and information environment

SUPERCOMPUTER «GOVORUN»

Intel Xeon

Intel Xeon Phi

Nvidia Tesla K20

Nvidia Tesla K40

Nvidia Tesla K80

10 computation nodes

88 nodes

CPU-component  
Intel Skylake gen 2

21 nodes

CPU-component  
Intel Xeon Phi (KNL)

5 nodes

GPU-component  
GPU DGX-1 Volta  
(NVIDIA Tesla V100)



Total Peak Performance  
Double precision 860 Tflops  
Single precision 1,5 Pflops

288 TB high-speed data storage >300 GB/sec

# Модернизация суперкомпьютера «Говорун»

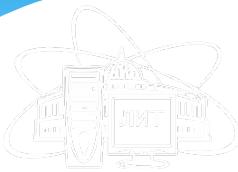


Первая очередь 2018:  
Полная пиковая производительность:  
**1 PFlops for single precision**  
**500 TFlops for double precision**



Вторая очередь 2019:  
Полная пиковая  
производительность:  
**1.7 PFlops for single precision**  
**860 TFlops for double precision**  
**288 ТБ ССХД со скоростью**  
**ввода/вывода >300 ГБ/с**

# CPU-component of GOVORUN: the decision of "RSK Tornado"



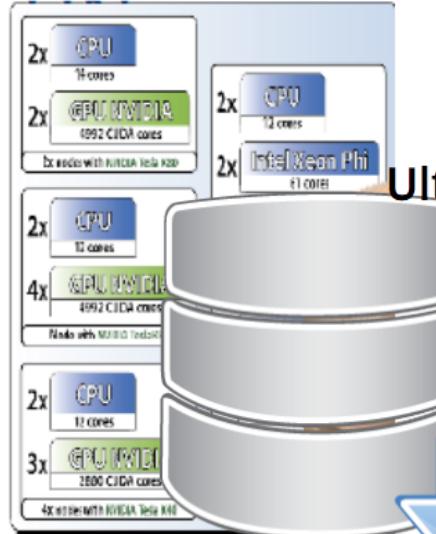
- Unique heterogeneous and **hyper-converged** system
- Multipurpose high performance system with **direct hot liquid cooling of all system components**
- The most **energy-efficient** system in Russia (**PUE = 1,03**)
- First **100% hot liquid cooling of Intel® Omni-Path interconnect**



**Record-breaking power density – up to 100 kW per 42U cabinet with proven high efficiency RSC liquid cooling technology providing record compactness**

# Scheme of using UDSS implemented in the “Govorun” supercomputer

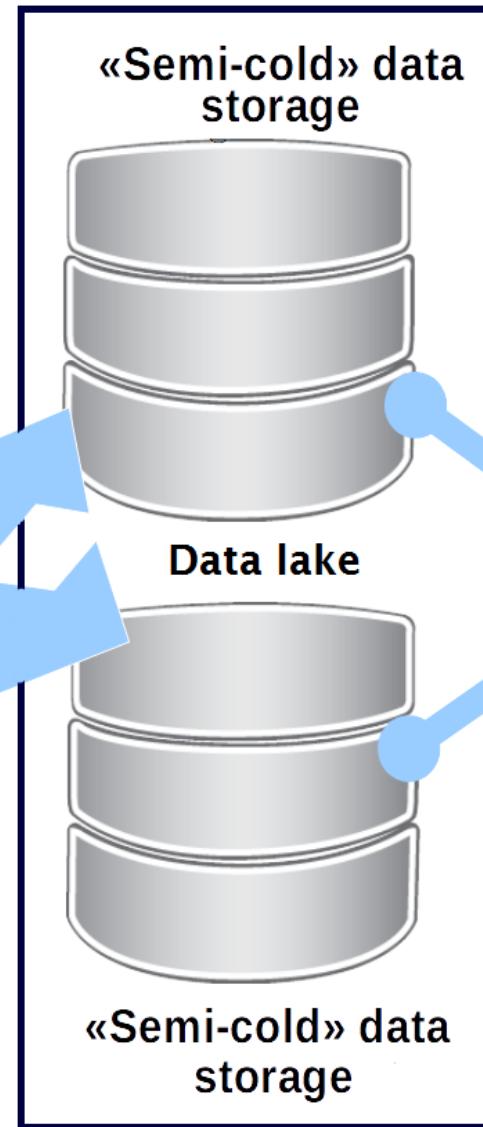
## GOVORUN



Ultra-fast data storage UDSS

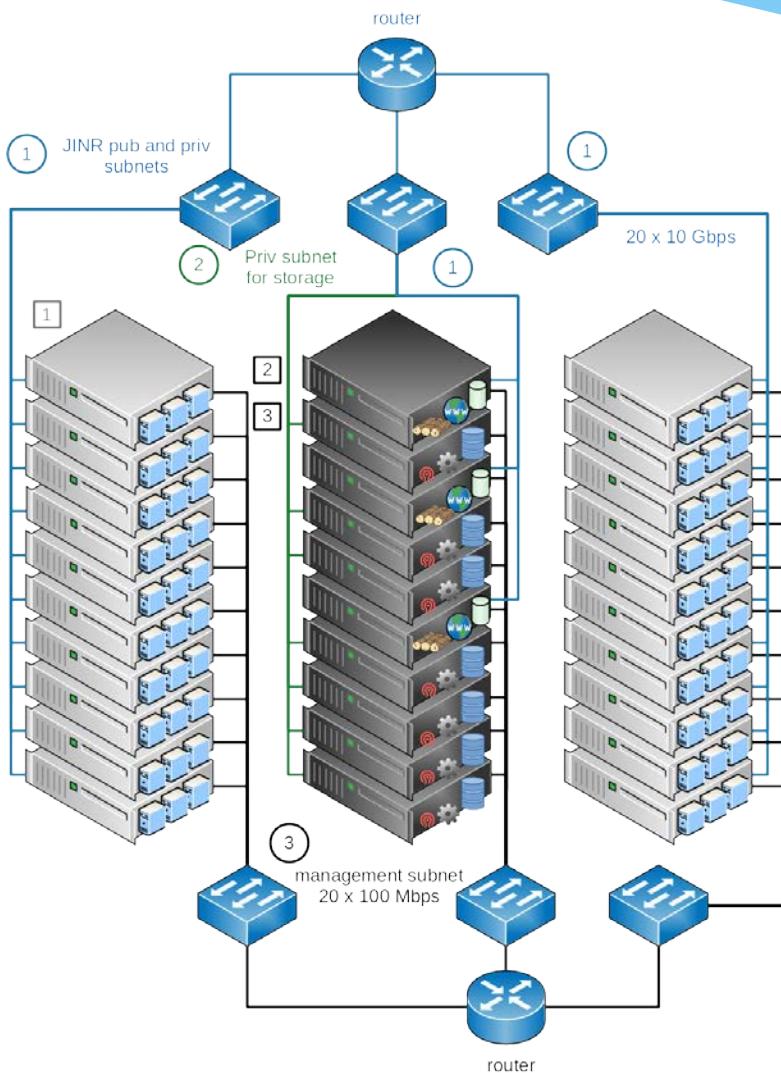


«Warm» data storage



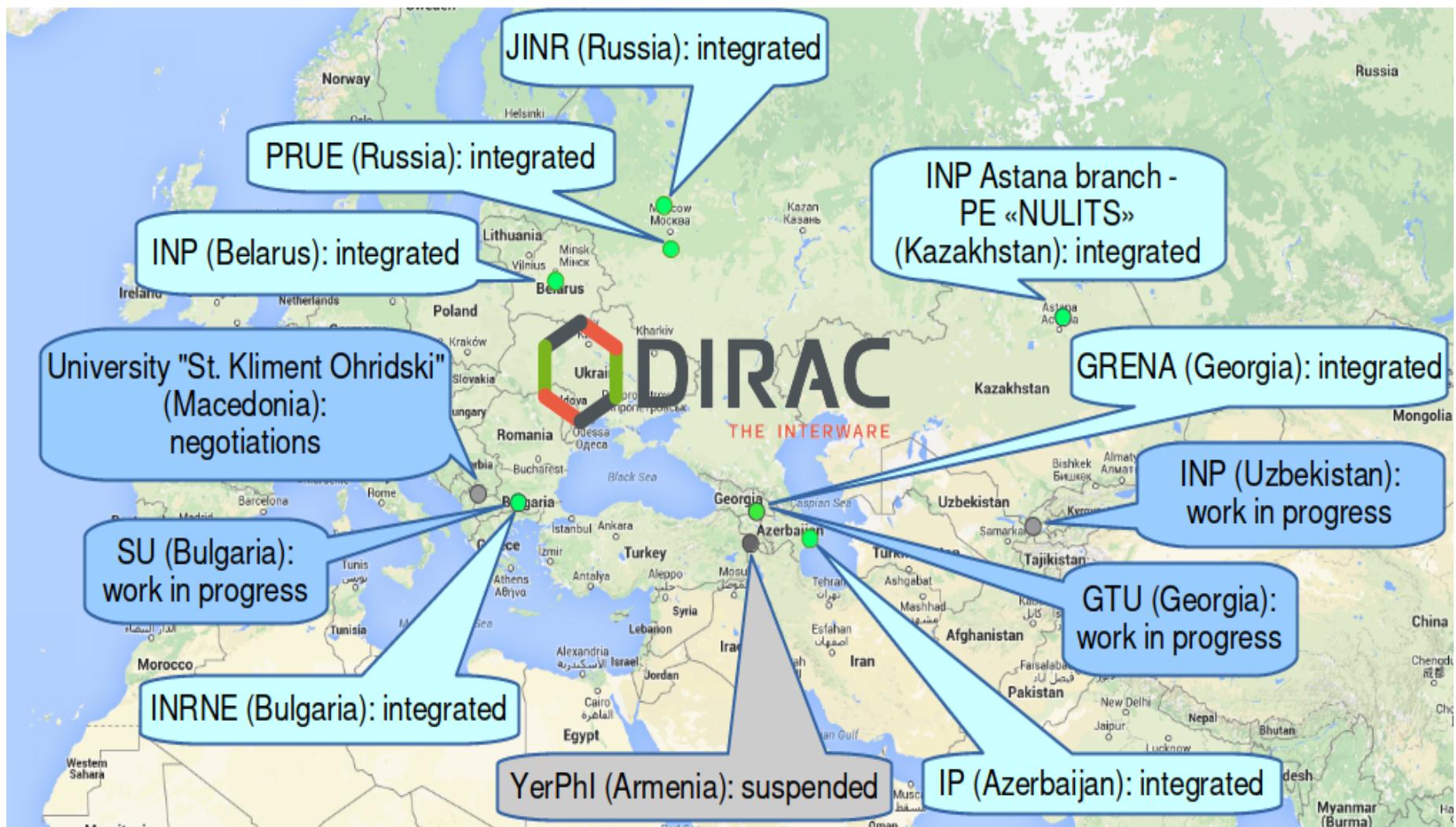
«Cold» long-term data storage on tape library

# JINR Cloud



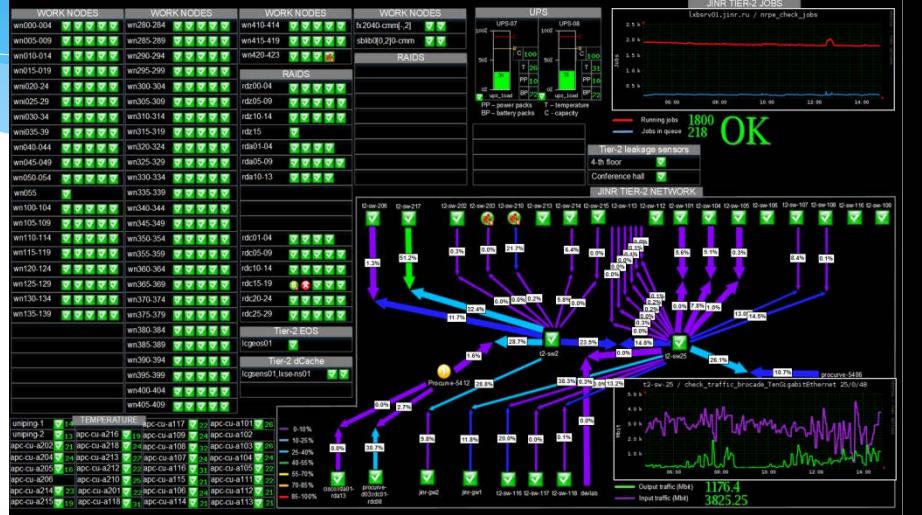
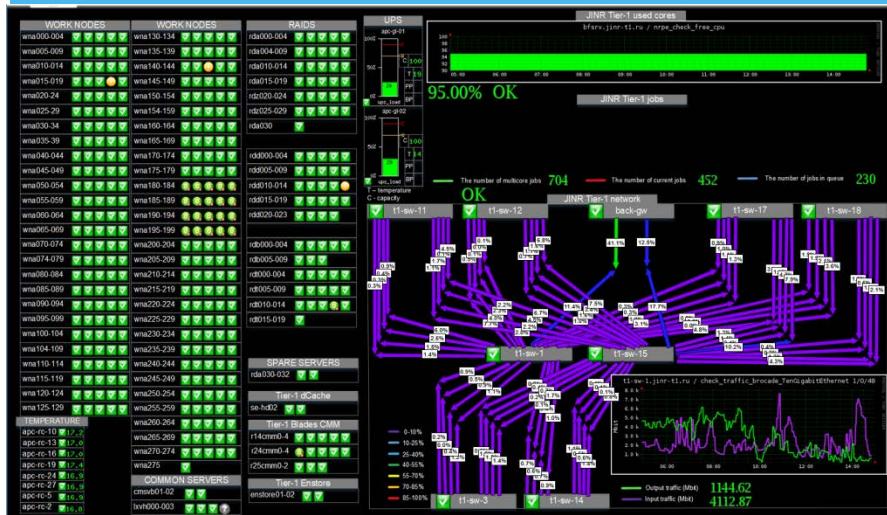
- **Purpose:**
  - increase the efficiency of hardware and proprietary software utilization,
  - improve IT-services management.
- **Implementation:**
  - Cloud platform: OpenNebula
  - Two types of virtualization: OpenVZ containers (linux only) and KVM VM (any OS)
  - Storage back-end for KVM VM images: ceph block-device
  - user interfaces: web GUI and command line interface
  - Authentication in the cloud web-GUI : JINR central user database (LDAP+Kerberos)
  - VM/CT access: rsa/dsa-key or Kerberos credentials
- **Utilization:**
  - VMs&CTs for JINR users
  - Computational resources for Baikal-GVD, BESIII, Daya Bay, JUNO, NOvA experiments
  - Testbeds for development and R&D in IT
- **Service URL:** <http://cloud.jinr.ru>

# Cloud resources of JINR Member State organizations integration



# MICC Monitoring

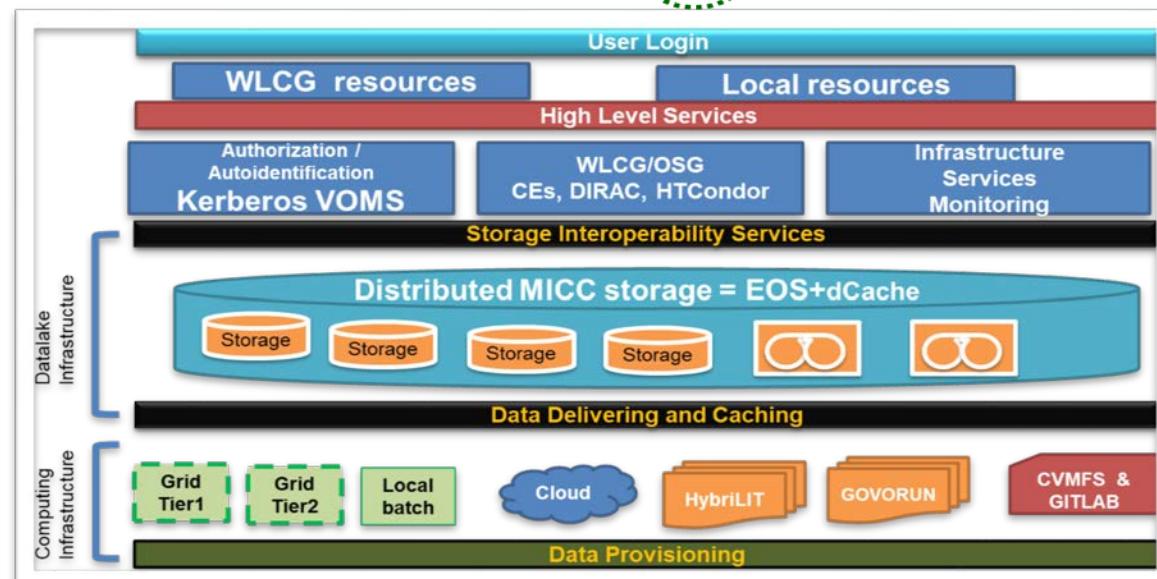
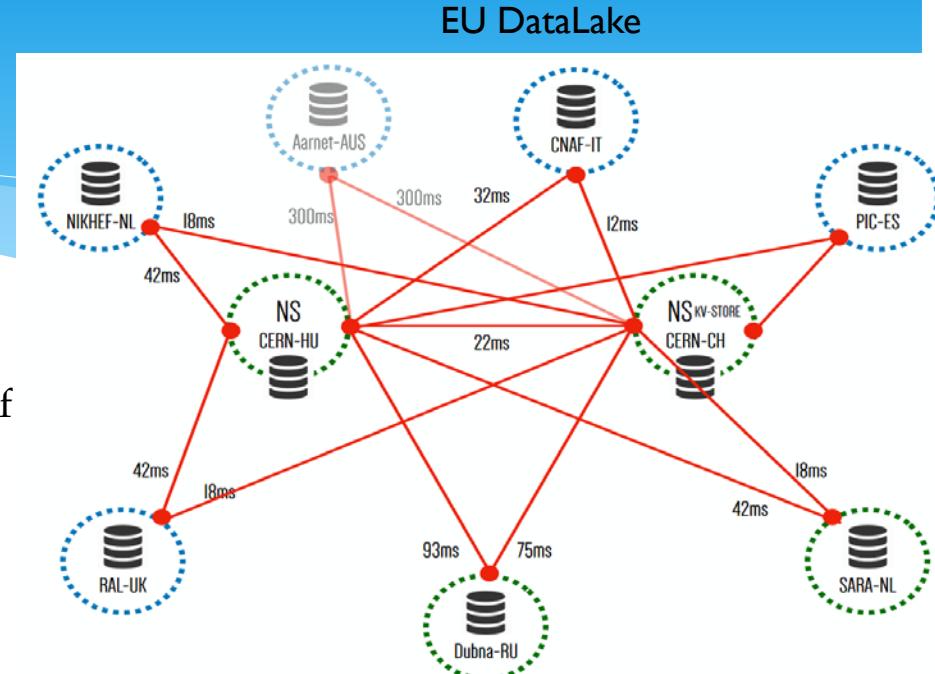
For a robust performance of the complex it is necessary to monitor the state of all nodes and services - from the supply system to the robotized tape library.



The system allows one, in a real time mode, to observe the whole computing complex state and send the system alerts to users via e-mail, sms, etc. ~ 850 elements are under observation  
~ 8000 checks in real time  
~ 100 scripts

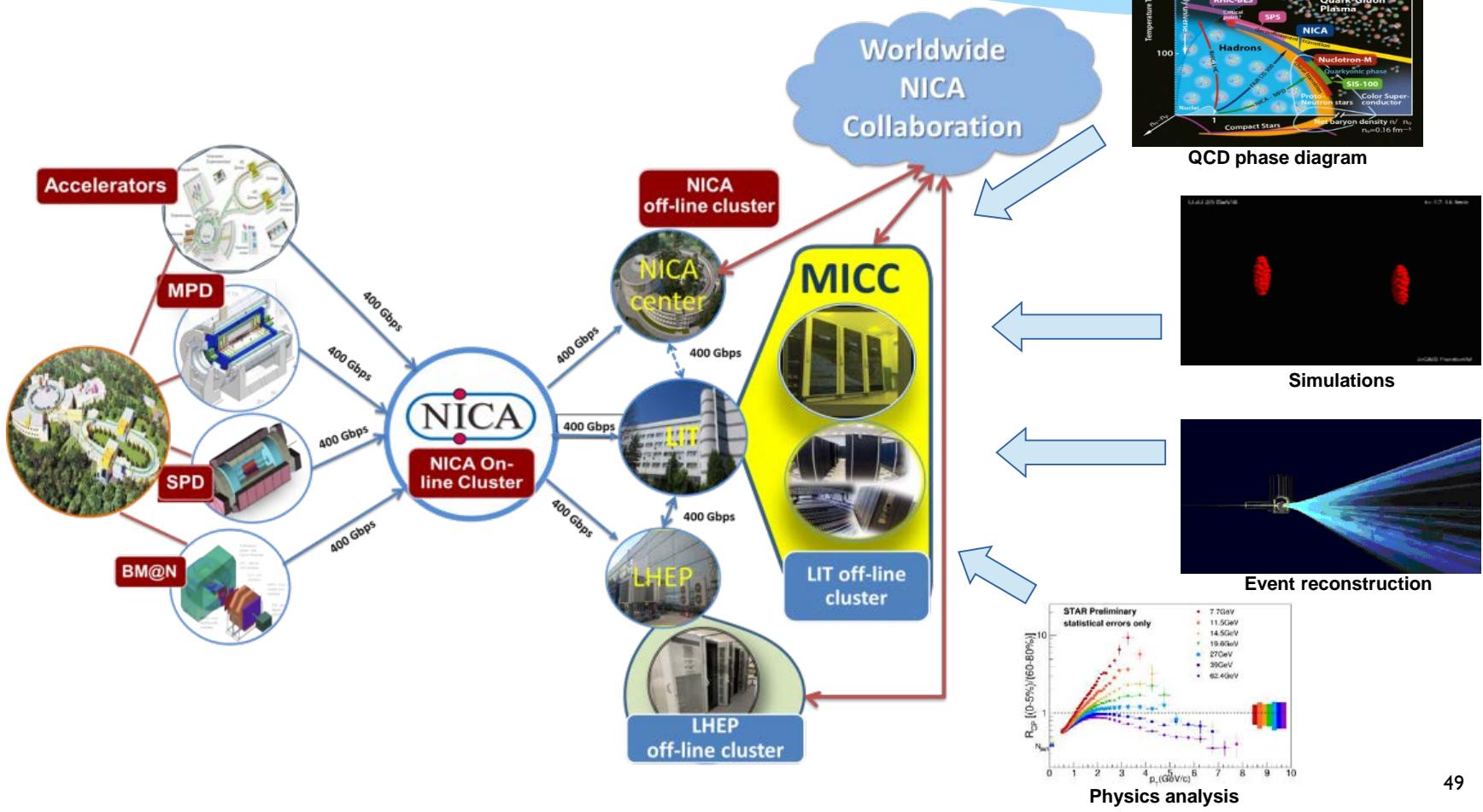
# JINR DATALAKE

- The JINR DataLake prototype was built as a distributed EOS storage system.
- EOS was successfully integrated into the MICC structure.
- EOS is used for storing and accessing big arrays of information.
- It can be applied for collective data simulation, storage of raw data gathered from experimental setups, data processing and analysis.

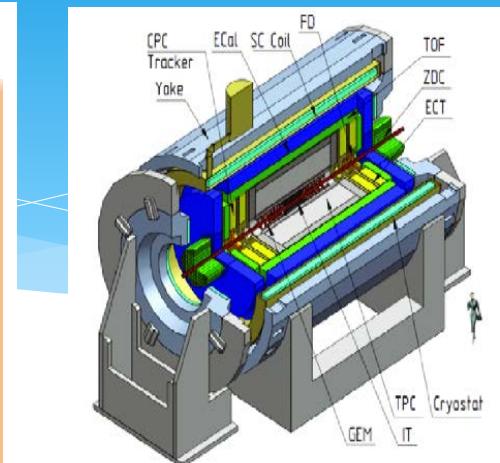
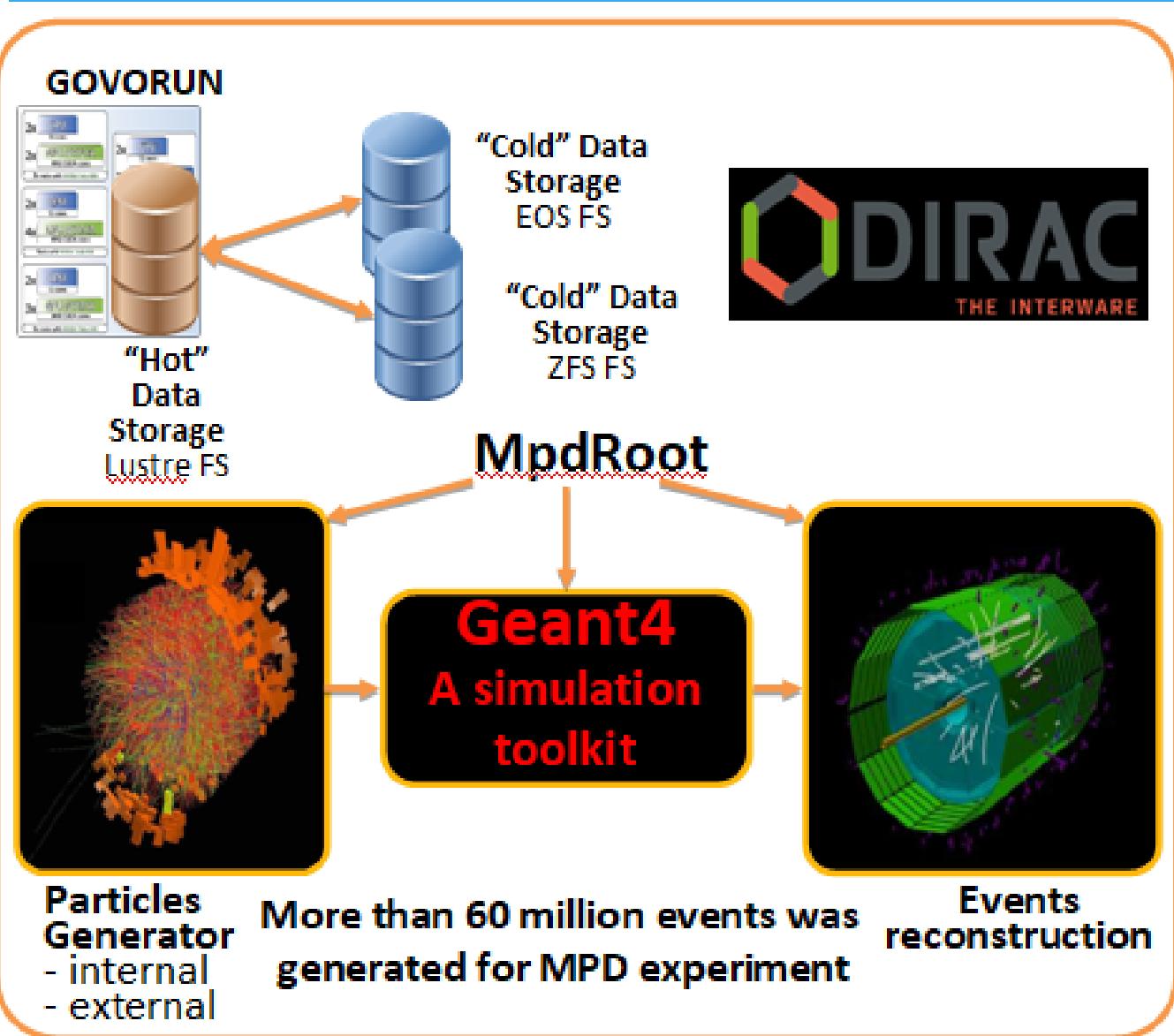


We start to develop the common  
EOS based data storage for  
MICC components.  
**Total space: 3740TB**  
**User space: 1870TB (2 replicas)**

# NICA COMPUTING CONCEPT & CHALLENGES

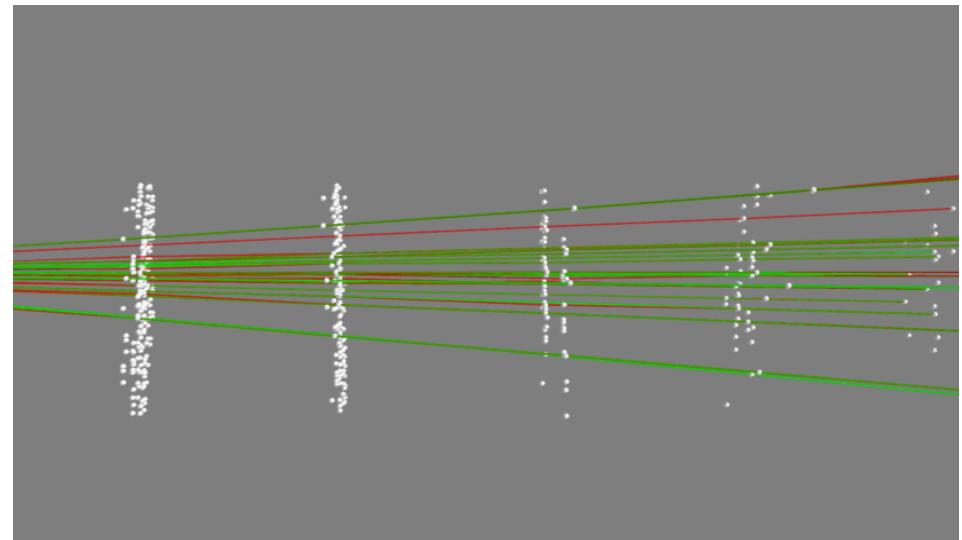
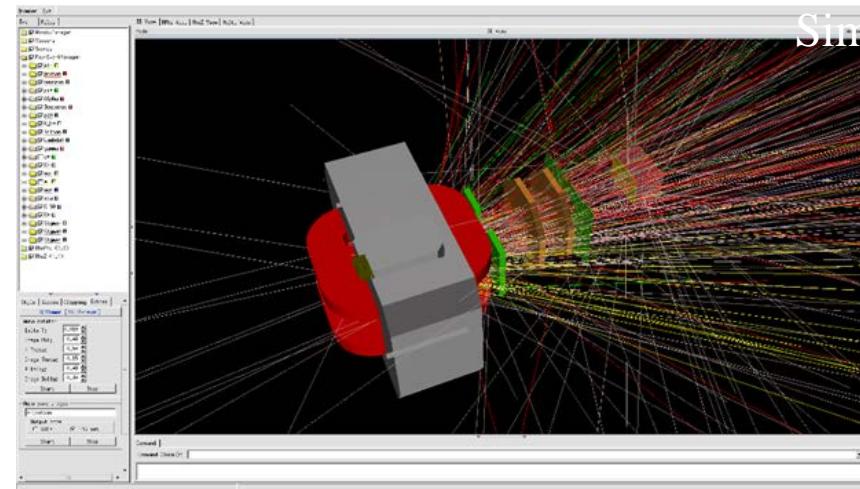


# Computing for the NICA megaproject



- Modeling:
  - physical events;
  - receiving data from detectors.
- Data storage organization.

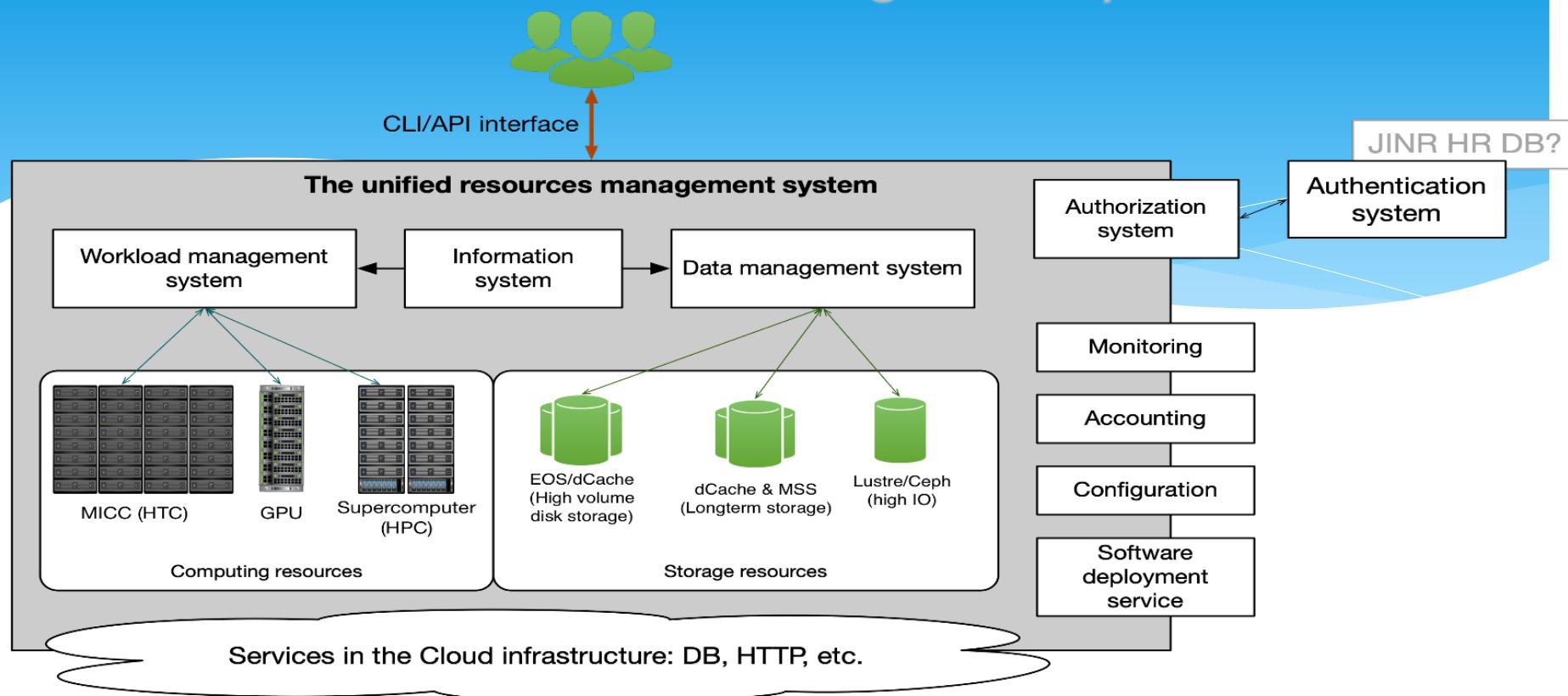
Machine learning algorithms bring a lot of potential to the tracks reconstruction problem due to their capability to learn effective representations of high-dimensional data through training, and to parallelize on supercomputer GOVORUN.



Input data for the first step algorithm were simulated by GEANT in MPDRoot framework for the real BM@N configuration.

Real track  
True found track  
Ghost track  
White dots are both hits and fakes  
Efficiency 97,5%

# MICC unified resource management system



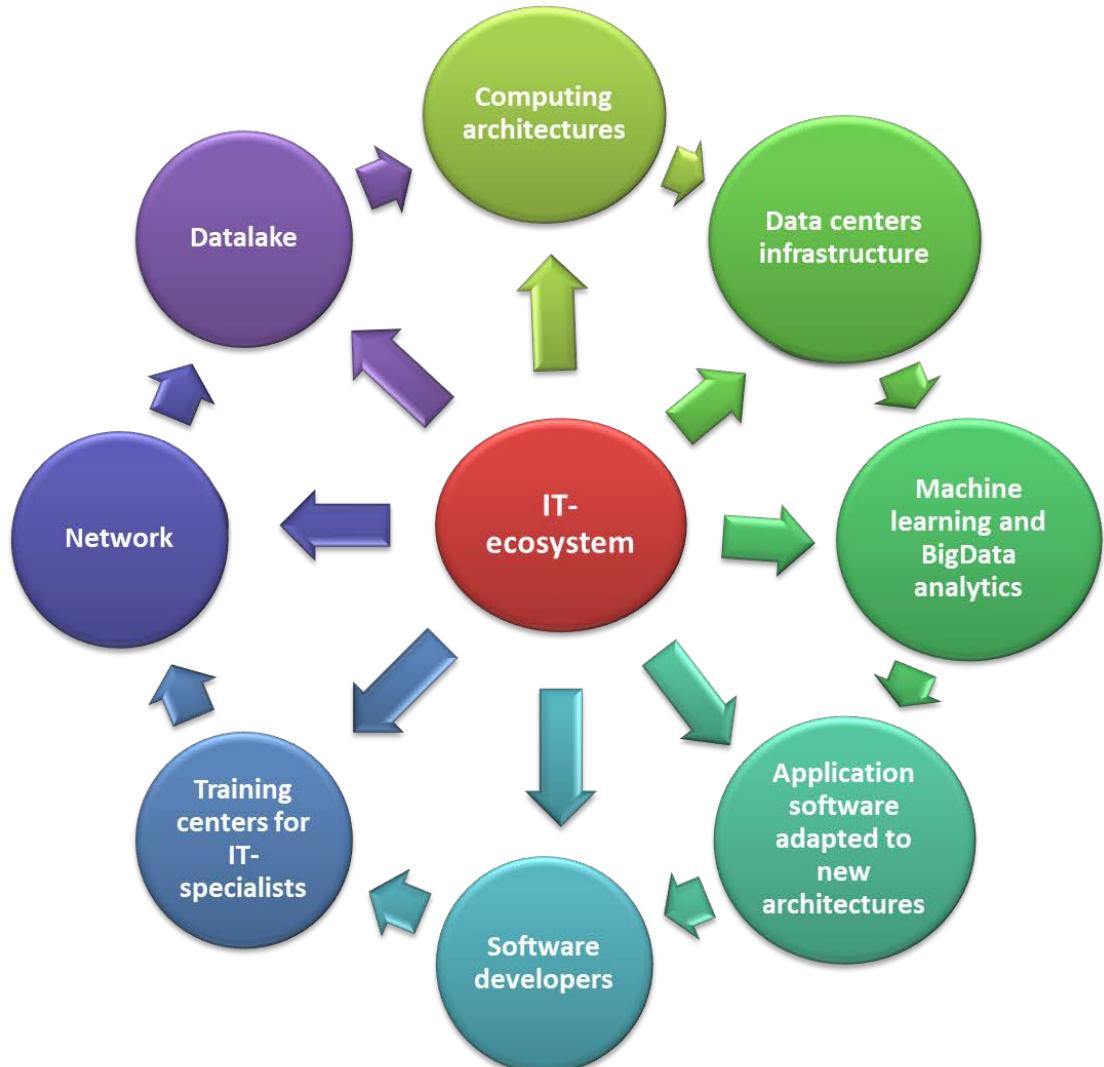
**The main objectives of a unified resource management system are:**

- to provide the ability to process large amounts of data;
- to provide the possibility to organize massive computing tasks;
- to optimize the efficiency of the use of computing and storage resources;
- to effectively monitor the resource loading;
- to consolidate the accounting for the use of resources;
- to provide a unified interface of access to resources.

# Strategy of Information Technologies and Scientific Computing in JINR

## CONCEPT

of the development of IT-technologies and scientific computing aimed at solving strategic tasks of JINR through the introduction and development of a whole range of advanced IT solutions, integrated into a unified computing environment – **scientific IT ecosystem** that combines a variety of technological solutions, concepts and methodologies.



# Международная школа по информационным технологиям «Аналитика Больших данных»

Цель Международной школы по информационным технологиям «Аналитика больших данных» – подготовка высококвалифицированных ИТ-специалистов в области Data Science, умеющих формулировать и решать научно-практические задачи с использованием аналитики Больших данных. Программа подготовки будет ориентирована на приобретение глубоких знаний в области математической статистики, машинного обучения, программирования, методов и технологий обработки и анализа данных, понимания бизнес-запросов и задач своей отрасли.

Среди основных направлений подготовки отдельное внимание будет уделено развитию модели компьютеринга, программной платформы системы сбора, хранения, обработки и анализа данных экспериментов на установках класса мегасайенс (NICA, PIC, LHC, FAIR, SKA и др.).

# LIT traditional conferences



Distributed Computing and Grid-technologies  
in Science and Education



MATHEMATICAL MODELING AND  
COMPUTATIONAL PHYSICS 2019

Stará Lesná, High Tatras  
Mountains, Slovakia  
July 1–5, 2019



ÚEF  
SAV  
**LIT schools**



# Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education (GRID-2020), (grid2020.jinr.ru)

# GRID 2020

July 6-10 Dubna



GRID 2020

DISTRIBUTED COMPUTING AND GRID TECHNOLOGIES IN SCIENCE AND EDUCATION



# Выводы и перспективы

- \* Необходимо существенное развитие национальной сети для науки и образования (NREN) и ее интеграция с другими сетями, в первую очередь с европейской сетью GEANT
- \* Развитие RDIG-M с целью интеграции компьютерных ресурсов различной архитектуры (grid, cloud, HPC, clusters) для мегасайенс проектов
- \* Развитие новых методов и технологий сбора, обработки, хранения, моделирования, анализа, визуализации данных
- \* Подготовка высококвалифицированных специалистов в области современного компьютеринга для мегасайенс проектов.