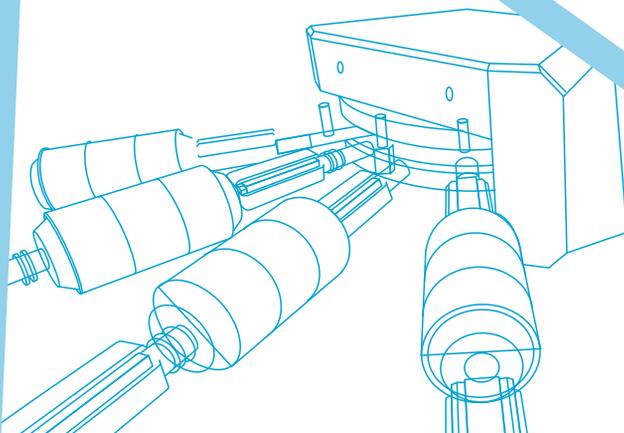
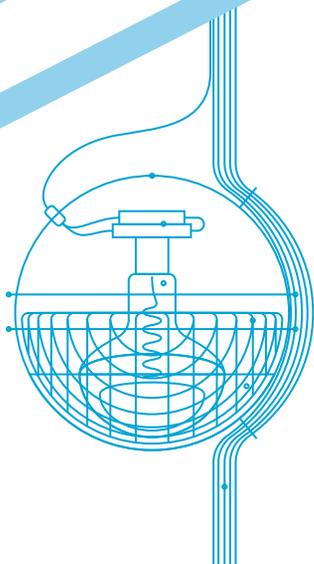
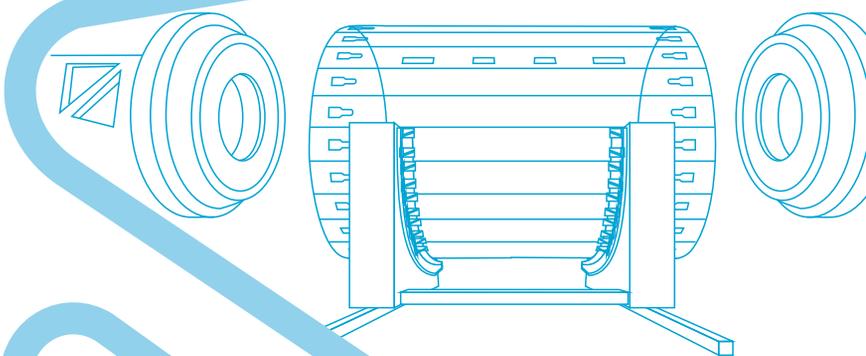




# ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2017-2023 ГГ.

КРАТКИЙ ОБЗОР НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ  
И РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ

РСК



# СЕТИ, КОМПЬЮТИНГ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

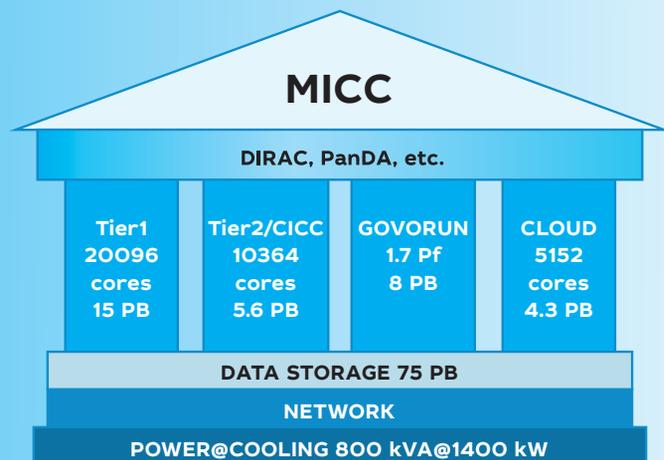
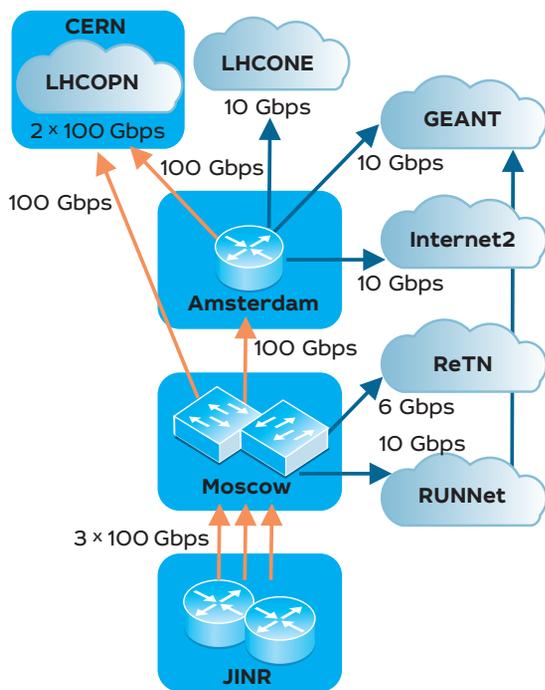


Схема Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ОИЯИ

Одним из основных направлений Семилетнего плана в 2017–2023 гг. являлось плановое развитие в Лаборатории информационных технологий Многофункционального информационно-вычислительного комплекса (МИВК).



Сетевая инфраструктура ОИЯИ

## Сетевая инфраструктура ОИЯИ

На новый технологический уровень вышла сетевая инфраструктура ОИЯИ. Пропускная способность телекоммуникационного канала Москва–ОИЯИ увеличена со 100 до  $3 \times 100$  Гбит/с, магистральной вычислительной сети Института – с 10 до  $2 \times 100$  Гбит/с, а также создана распределенная вычислительная кластерная сеть между площадками ЛЯП и ЛФВЭ пропускной способностью до 400 Гбит/с, что отвечает требованиям мегапроекта NICA.

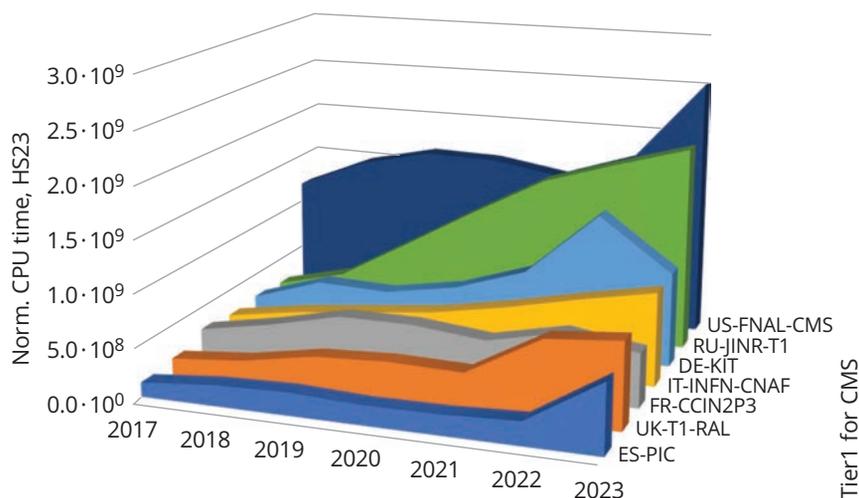
## Грид-среда ОИЯИ (сайты Tier1 и Tier2)

Грид-инфраструктура ОИЯИ представлена центром уровня Tier1 для эксперимента CMS на LHC и центром уровня Tier2 для обработки данных экспериментов NICA, LHC, BES, BIOMED, NOVA, ILC и др.

Система обработки данных Tier1 для CMS была увеличена с 3600 до 20 096 ядер, обеспечивая в настоящее время производительность 32 382,54 HSO6. Общая полезная емкость дисковых серверов увеличена с 4 до 15 ПБ, ленточных библиотек с 5,4 до 51 ПБ. По своей производительности Tier1 занимает лидирующие места среди центров Tier1 для эксперимента CMS. С 2021 г. ресурсы центра используются также для моделирования и обработки данных экспериментов NICA.

Вычислительные ресурсы центра Tier2 были по плану увеличены с 2470 до 10 364 ядер, что обеспечивает производительность 66 788,4 HSO6. Общая полезная емкость дисковых серверов составляет 5,6 ПБ. Сайт ОИЯИ Tier2 является лучшим в Российском консорциуме RDIG (российский грид для интенсивных операций с данными). С 2017 по 2023 г. вклад Tier2 ОИЯИ в производительность RDIG увеличился с 42 до 90%.

Распределенная система хранения EOS (так называемое «озеро данных») успешно интегрирована в структуру МИВК и используется для хранения и доступа к большим массивам информации. Для пользователей EOS доступно 23,3 ПБ дискового пространства. Научные группы экспериментов на NICA, Нейтринной программы и другие пользователи хранят данные на EOS согласно квотам.



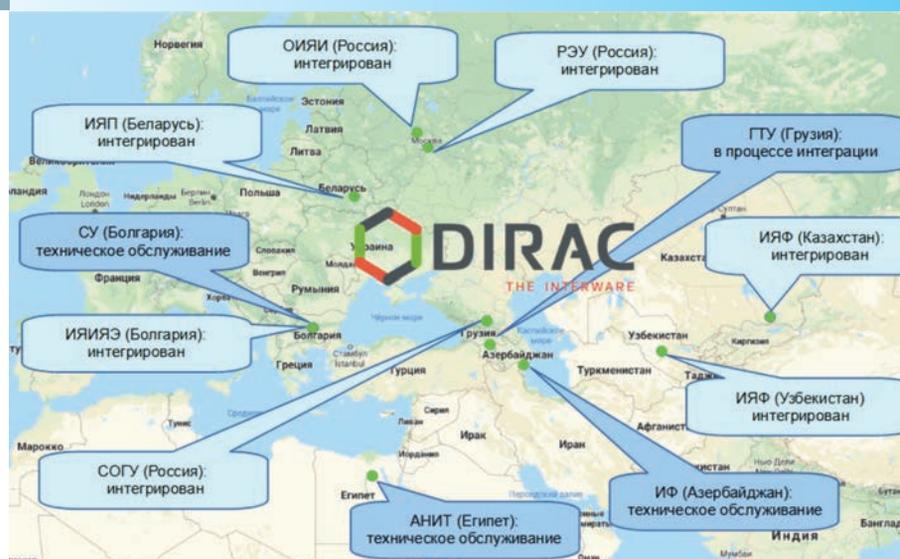
Вклад мировых центров Tier1 в обработку экспериментальных данных CMS за 2017–2023 гг.: распределение по нормированному времени CPU в HS23 часах

## Облачная инфраструктура

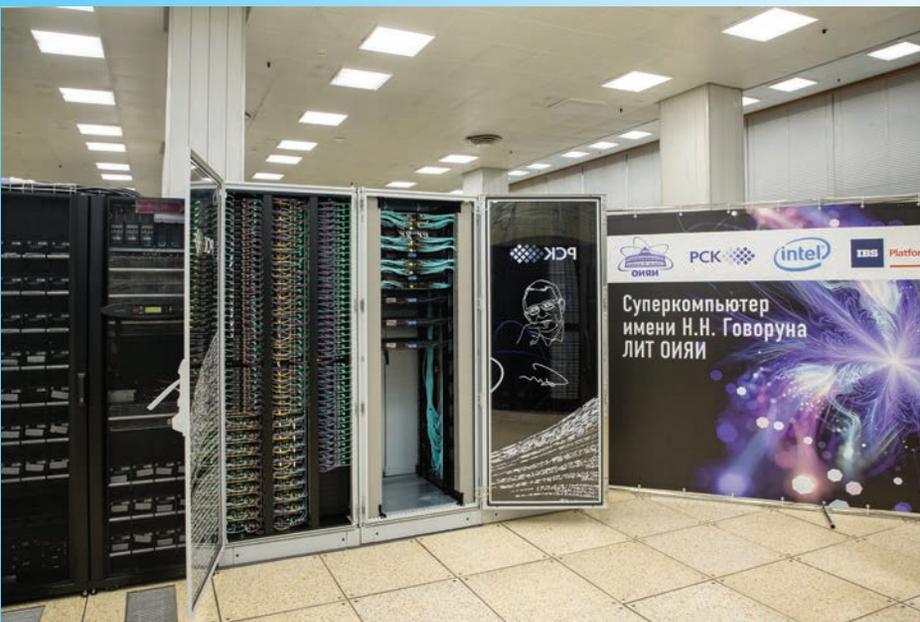
Ресурсы облачной инфраструктуры были увеличены с 330 до 5152 ядер ЦПУ и с 840 ГБ до 61,5 ТБ общего объема ОЗУ. Общий объем дискового пространства в программно-определяемом хранилище на базе серр увеличен до 4,3 ПБ. Расширение ресурсов облачной инфраструктуры было профинансировано в рамках экспериментов NOVA/DUNE, JUNO, Vaikal-GVD (ЛЯП), коллаборации которых являются основными пользователями облачной инфраструктуры.

Активно велись работы по интеграции облачных структур стран-участниц ОИЯИ в распределенную платформу на основе DIRAC.

Во время пандемии коронавируса в 2020–2022 гг. свободные от основной деятельности ресурсы РИВС были задействованы для проведения исследований по изучению вируса SARS-CoV-2 в рамках платформы Folding@Home.



Облака организаций, интегрированные в распределенную информационно-вычислительную среду (РИВС)



Суперкомпьютер «Говорун»

## Гетерогенная инфраструктура

Суперкомпьютер «Говорун» был создан в 2018 г. на основе опыта, накопленного при эксплуатации гетерогенного кластера HybriLIT, входящего в состав МИВК ОИЯИ. HybriLIT показал свою востребованность при решении задач КХД на решетках, радиационной биологии, в прикладных исследованиях и др. Постоянный рост числа пользователей и расширение круга решаемых задач привели к созданию новой вычислительной системы — суперкомпьютера (СК) «Говорун» как высокопроизводительной масштабируемой системы с жидкостным охлаждением, обладающей гиперконвергентной и программно-определяемой архитектурой.

Общая производительность СК «Говорун» с момента его презентации выросла с 0,5 до 1,7 Пфлопс для операций с двойной точностью, а общая емкость иерархического хранилища — с 288 ТБ до 8,6 ПБ.

С 2021 г. на платформе HybriLIT интенсивно развивается информационно-вычислительная система (ИВС) для решения задач, связанных с расчетами электронных оболочек сверхтяжелых элементов. На этой системе проводились интенсивные расчеты с использованием ПО AMS и DIRAC для изучения электронных свойств сверхтяжелых элементов. С целью разработки квантовых алгоритмов в ИВС был развернут полигон для квантовых вычислений с установленными симуляторами квантовых вычислений Cirq, Qiskit, PennyLane, способными работать на различных вычислительных архитектурах.

В конце 2021 г. на основе объединения суперкомпьютеров ОИЯИ, МСЦ РАН и СПбПУ создана масштабируемая исследовательская инфраструктура нового уровня. Она позволяет участникам расширять свои локальные вычислительные мощности, обеспечивать доступ к средствам хранения и обработки больших объемов данных, к распределенным хранилищам данных (датахабам), а также использовать мощности друг друга в случаях пиковых нагрузок.

## Интеграция вычислительных ресурсов

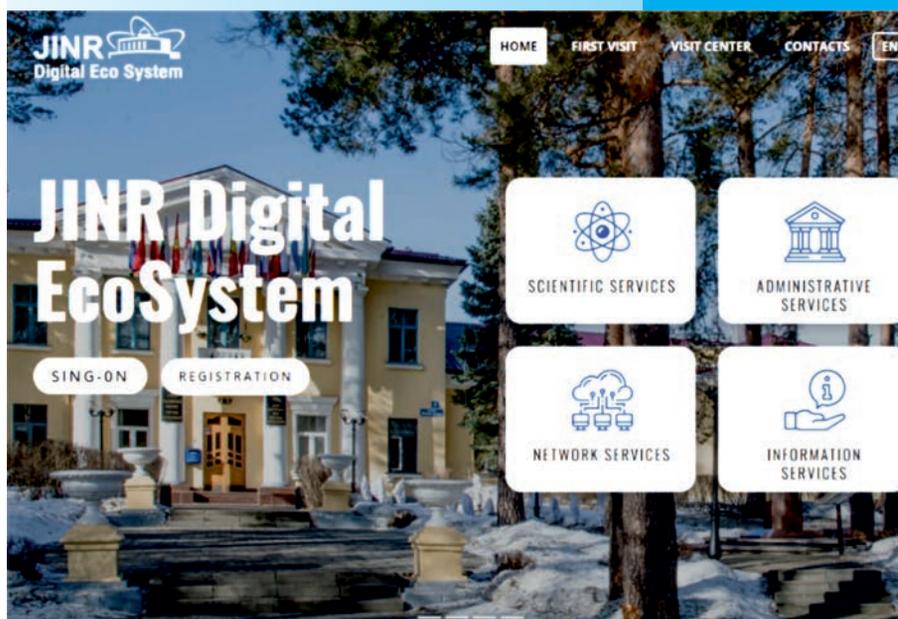
С помощью программного обеспечения Interware DIRAC (Distributed Infrastructure with Remote Agent Control) были объединены вычислительные ресурсы Tier1/Tier2, суперкомпьютера «Говорун», облачных сред ОИЯИ и организаций стран-участниц, кластера NICA, кластера Национального автономного университета Мексики, кластера Института математики и цифровой технологии Монгольской академии наук, Национальной исследовательской компьютерной сети России и ресурсы хранения: dCache, EOS и сверхбыстрая система хранения данных Lustre.

## Цифровая экосистема ОИЯИ

С 2022 г. велись работы по созданию платформы Digital JINR — «Цифровая экосистема ОИЯИ», которая в конце марта 2023 г. была введена в тестовую эксплуатацию. JINR Digital EcoSystem — платформа, обеспечивающая доступ к сети информационных сервисов ОИЯИ.

Основной целью Digital JINR является предоставление единой среды для создания и развития цифровых сервисов, их интеграции друг с другом, анализа информации о всех аспектах деятельности ОИЯИ. Digital JINR — это, по сути, служба единого окна в цифровой среде ОИЯИ.

В цифровую экосистему входит широкий спектр сервисов — от ресурсов для пользователей базовых установок до оформления командировок, путевок, заказа справок и т.д. Основные группы сервисов — административные и научные. Доступ к системе реализован на базе службы аутентификации JINR Single Sign-On (SSO) через единую точку доступа Digital EcoSystem.

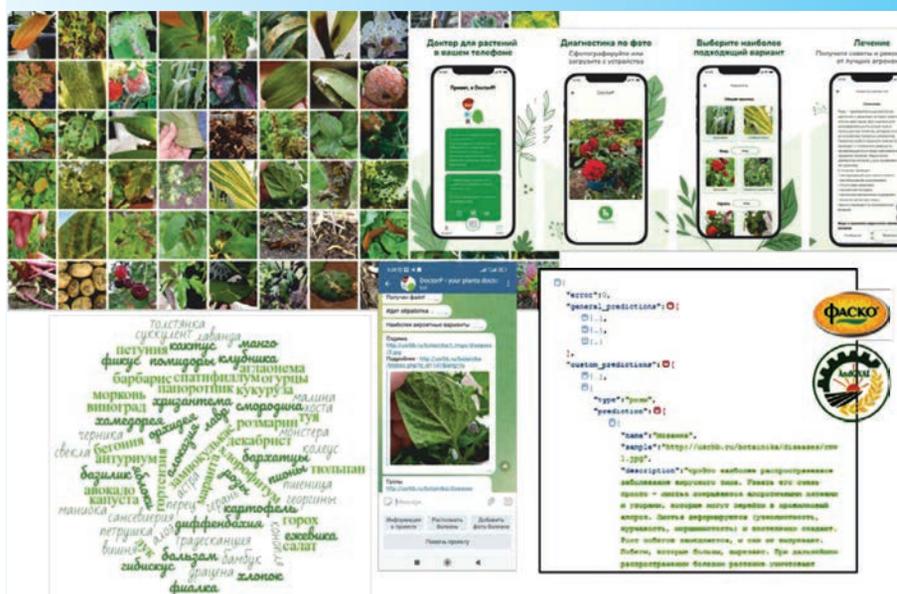


Интерфейс единой точки доступа Digital EcoSystem

## Методы, алгоритмы и программное обеспечение для моделирования физических систем, математической обработки и анализа экспериментальных данных

В ходе исследований, проводимых совместно с ЛНФ в рамках международной программы UNECE International Cooperative Program (ICP) Vegetation по мониторингу и прогнозированию процессов загрязнения воздуха в странах Европы и Азии, в ОИЯИ была разработана облачная платформа для управления данными мониторинга.

Развита платформа и мобильное приложение (DoctorP) для распознавания болезней растений и вредителей. Доступны как общая модель, способная распознавать 68 классов болезней, так и специализированные модели для 30 декоративных и сельскохозяйственных культур. В базе собрано свыше 6000 изображений. Доступ к платформе могут получить сторонние приложения и сервисы. Этой возможностью уже воспользовались компания «Гарден ритейл Сервис» (ранее «Фаско») и Андижанский институт сельского хозяйства и агротехники (Узбекистан).



Примеры интерфейсов платформы DoctorP

Разработана программно-аппаратная платформа на основе встраиваемых в контур управления квантовых нечетких регуляторов для решения задачи управления давлением и расходом жидкого азота сверхпроводящих магнитов криогенной системы ускорительного комплекса NICA. Экспериментально продемонстрированы работоспособность и эффективность разработанной интеллектуальной системы дистанционного управления технологическим процессом охлаждения сверхпроводящего магнита с гарантированным достижением устойчивой зоны сверхпроводимости. Проектирование квантовых нечетких регуляторов основано на квантовых информационных технологиях и осуществляется с помощью разработанного сотрудниками ЛИТ ОИЯИ программного инструментария QSCIT (Quantum Soft Computational Intelligence Toolkit).