

Участие ОИЯИ в проектах WLCG и EGEE

С.Д. Белов¹, В.В. Галактионов¹, Н.И. Громова¹, В.Е. Жильцов¹, В.В. Кореньков¹,
Н.Н. Кутковский¹, В.В. Мицын¹, С.В. Мицын¹, Д.А. Олейник¹, И.А. Сидорова¹,
Т.А. Стриж¹, Е.А. Тихоненко¹, Г.С. Шабратова²

¹ e-mail: korenkov@cv.jinr.ru, Лаборатория информационных технологий ОИЯИ, Дубна;

² Лаборатория физики высоких энергий ОИЯИ, Дубна

Начиная с 2003 года сотрудники ОИЯИ принимают активное участие в двух широкомаштабных международных проектах: WLCG [1, 2] (Worldwide LHC Computing Grid – проект по созданию, развитию и поддержке глобальной вычислительной грид-инфраструктуры для экспериментов на Большом адронном коллайдере (БАК)) и EGEE [3-8] (Enabling Grids for E-sciencE – проект по развертыванию гридов для e-науки).¹ Проекты WLCG и EGEE развивались в тесном взаимодействии, и созданная глобальная грид-инфраструктура чаще всего именуется как инфраструктура WLCG/EGEE. В настоящий момент происходит запуск коллайдера и ожидается поступление первых реальных данных с экспериментов на БАК. ОИЯИ является активным участником трех экспериментов БАК (ALICE, ATLAS и CMS). Для обеспечения полноценного участия сотрудников ОИЯИ в работе коллабораций необходимо создание, развитие и сопровождение соответствующей вычислительно-информационной инфраструктуры ОИЯИ [9]. Участие ОИЯИ в проекте WLCG закреплено Соглашением, подписанным руководителями ЦЕРН, ОИЯИ и ряда российских институтов. Для участия ОИЯИ и российских институтов в работе проекта EGEE в 2003 году была создана национальная федерация – Российский грид для интенсивных операций с данными - Russian Data Intensive Grid, RDIG [10]. В настоящее время RDIG-инфраструктура состоит из 15-ти ресурсных центров, в которых доступно около 7000 процессоров и 2000 Тбайт дискового пространства. Географическое расположение ресурсных центров RDIG представлено на Рис.1.

Задачами ОИЯИ в проектах WLCG/EGEE являются:

¹ Данные работы частично поддержаны совместным проектом РФФИ-ЦЕРН 08-07-91000-ЦЕРН_а “Грид мониторинг для эффективного функционирования виртуальных организаций”, совместным проектом РФФИ-Украинская Академия Наук 08-07-90410-Укр_а “Подготовка вычислительных комплексов ЛИТ ОИЯИ (г. Дубна) и ННЦ ХФТИ (г. Харьков) к распределенному анализу данных эксперимента CMS (CERN) на основе грид-технологий” и проектом EGEE-III, финансируемым Европейской комиссией (INFISO-RI-222667).

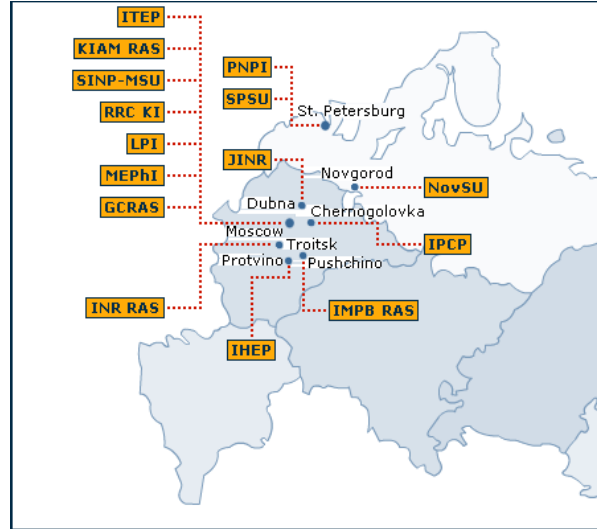


Рис. 1: Российский грид-консорциум RDIG

- сопровождение и развитие WLCG/EGEE инфраструктуры в ОИЯИ;
- участие в тестировании и сертификации нового промежуточного программного обеспечения (ПО) (middleware testing/evaluation);
- участие в широкомаштабных сеансах тестирования грид-инфраструктуры Data and Service Challenges, проводимых в рамках коллабораций экспериментов БАК (ALICE, ATLAS и CMS);
- развитие систем грид-мониторинга и учета ресурсов;
- развитие системы мониторинга грид-сервиса FTS;
- развитие информационной системы LCG MCDB (*Monte-Carlo Data Base* - базы данных Монте-Карло модельных событий различных физических процессов)[11-13];
- участие в проекте ARDA (*A Realization of Distributed Analysis for LHC*), поддержка и развитие компьютеринга для экспериментов ALICE, ATLAS и CMS;

- развитие приложений в области физики высоких энергий;
- организация обучения пользователей и системных администраторов работе в грид-среде;
- распространение знаний о грид в рамках RDIG;
- поддержка стран-участниц ОИЯИ в развитии грид-технологий.

По состоянию на ноябрь 2009 года WLCG/EGEE инфраструктура ОИЯИ включает в себя ферму из 960 процессорных ядер, более 50 специализированных серверов, систему хранения данных на дисках на основе dCache объемом 500 Терабайт и 5 интерактивных машин для работы пользователей. Текущая версия промежуточного программного обеспечения – gLite 3.2. В октябре 2009 года был осуществлен переход на версию 5.4 операционной системы Scientific Linux. Имя сайта ОИЯИ в WLCG/EGEE инфраструктуре – JINR-LCG2. ОИЯИ обеспечивает в инфраструктуре WLCG/EGEE как базовые (*Berkley DB Information Index (top level BDII), site BDII, Computing Element (CE), Proxy Server (PX), Workload Management System (WMS), Logging&Bookkeeping Service (LB), RGMA-based monitoring system collector server (MON-box), LCG File Catalog (LFC), Storage Element (SE), User Interface (UI)*), так и специализированные грид-сервисы (*ROCMON, VO boxes для u CMS, Storage Element muna XROOTD для ALICE*). Для виртуальных организаций (ВО) БАК поддерживаются актуальные версии специализированного программного обеспечения: AliROOT, ROOT и GEANT для ALICE, atlas-offline и atlas-production для ATLAS, CMSSW для CMS и DaVinci и Gauss – для LHCb. Важнейшим достижением развития грид-инфраструктуры ОИЯИ можно считать ввод в 2009 году в эксплуатацию сетевого канала ОИЯИ – Москва с пропускной способностью в 20 Гбит/с.

В проекте EGEE интеграция, тестирование и сертификация компонент промежуточного программного обеспечения gLite выполняются в рамках специального сервисного направления, которое отвечает за разработку новых версий промежуточного программного обеспечения, сопровождаемых документацией и готовых к развертыванию на грид-сайтах. Создан технический и программный сертификационный полигон (СТВ, certification testbed) для исследования и сертификации новых версий компонент gLite. Эти работы ведутся также и в рамках участия в проекте WLCG [14]. В ОИЯИ разработан

ряд сертификационных тестов для таких компонентов СТВ как система безопасности (Security access), управление данными (Data Management), управление задачами (Job Management) и мониторинг тестирования (Test monitoring) [15].

В 2008-2009 гг. функционирование компьютеринга экспериментов ALICE, ATLAS и CMS в ОИЯИ осуществлялось в соответствии с планами подготовки экспериментов к принятию реальных данных с БАК и в соответствии с моделями компьютеринга экспериментов. Важными аспектами этого функционирования являются:

- обеспечение экспериментов компьютерными ресурсами согласно запросам;
- возможность использования этих ресурсов в глобальной инфраструктуре WLCG/EGEE;
- установка и сопровождение в ОИЯИ необходимого промежуточного программного обеспечения, специальных грид-сервисов и необходимого прикладного программного обеспечения экспериментов.

Летом 2009 года ОИЯИ успешно участвовал в сеансе широкомасштабного тестирования среды WLCG “STEP09” для экспериментов ALICE, ATLAS и CMS. В Таблице 1 представлено использование вычислительных ресурсов ОИЯИ во время проведения STEP09.

Таблица 1: Использование процессорных ресурсов ОИЯИ в период проведения STEP09

Эксперимент	Время CPU (SpectInt2000*час. =1000)	%
ALICE	524952.36	46.6
ATLAS	293298.98	26.1
CMS	152172.29	13.5
LHCb	154996.34	13.8
	1125419.97	100

STEP09 являлся комбинированным тестом функциональной готовности всей вычислительной инфраструктуры WLCG (и сайта JINR-LCG2 в том числе) для обработки задач. Так например, для эксперимента ATLAS этот тест включал Монте-Карло моделирование физических событий с параллельным проведением стресс-тестов и реконструкцией Монте-Карло событий на грид-сайтах ATLAS.

В течение осени 2009 года проводились тесты с массовым запуском задач анализа. Так например, за октябрь на сайте ОИЯИ было запущено

около 35 тысяч задач анализа CMS, использовавшихся модельные данные CMS, хранящиеся в ОИЯИ в соответствии с проблематикой исследований коллектива физиков CMS в ОИЯИ.

Следует отметить, что объемы данных, передаваемых на сайт ОИЯИ, постоянно увеличиваются, и передача данных осуществляется с достаточно высокими скоростями (десятки мегабайт в секунду). В качестве иллюстрации на рис. 2 приведено распределение скоростей передачи данных в ОИЯИ от эксперимента CMS с августа по октябрь 2009 г. Вычислительные ресур-

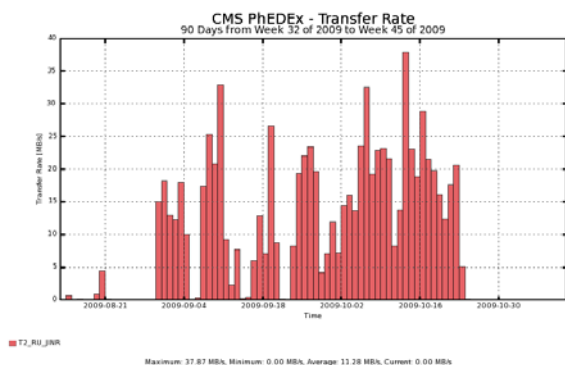


Рис. 2: Скорости передачи данных CMS в ОИЯИ за период с августа по октябрь 2009 года

сы и ресурсы хранения данных ОИЯИ активно востребованы экспериментами БАК. В Таблице 2 представлена статистика использования вычислительных ресурсов ОИЯИ виртуальными организациями БАК с декабря 2008 года по ноябрь 2009 г. Подробная информация о поддержке компьютеринга ALICE и CMS в ОИЯИ и в России содержится в работах [16-18].

Таблица 2: Использование процессорных ресурсов ОИЯИ (декабрь 2008 г.-ноябрь 2009 г.) виртуальными организациями БАК (alice, atlas, cms и lhcb)

alice	2,493,958	23.62%
atlas	3,795,785	35.95%
cms	2,107,382	19.96%
lhcb	2,160,363	19.96%
всего	10,557,488	100%

Дальнейшее развитие получила система мониторинга и учета использования ресурсов инфраструктуры RDIG, разработанная и сопровождаемая в ОИЯИ [19-20]. Начаты работы по мониторингованию использования системы хранения данных в грид-среде (SE, Storage Element), реализованной на основе системы dCache. Систе-

ма мониторинга, разрабатываемая с использованием возможностей системы Nagios, позволит не только отслеживать текущее состояние (количество процессов записи-чтения, объем занятого пространства, пиковые нагрузки и т.д.), но и приведет к последующей оптимизации использования ресурсов системы хранения данных. Большой вклад сотрудники ОИЯИ вносят в развитие системы мониторинга для виртуальных организаций БАК (Dashboard) [21-22], разрабатываемой и поддерживаемой в отделении информационных технологий в ЦЕРН. Данные работы включают в себя как развитие таблиц базы данных и пользовательских интерфейсов, так и совершенствование подходов к сбору и представлению мониторируемых данных. В процессе создания системы визуализации мониторинга грид-инфраструктуры EGEE как географически распределенной системы была разработана и внедрена в Dashboard новая функциональная возможность с использованием приложения Google Earth для динамического мониторинга в реальном времени [23, 24]. Большое внимание уделялось созданию и развитию средств мониторинга грид-сервиса FTS – сервиса передачи данных в глобальной инфраструктуре WLCG/EGEE [25-28]. Созданная система мониторинга FTS дает гибкий и надежный способ получения и анализа информации, а также расширенные возможности по управлению как собственным состоянием, так и настройками сервиса передачи данных FTS. Эта система активно используется в EGEE/WLCG не только для поддержания работоспособности, но и для оптимизации работы сервиса FTS.

ОИЯИ координирует в консорциуме RDIG деятельность в рамках направления работ EGEE по распространению информации о гриде. Информационный портал RDIG создан и поддерживается в ОИЯИ [29]. В 2008 году в ОИЯИ была проведена 3-я международная конференция “Распределенные вычисления и грид-технологии в науке и образовании”, GRID’2008. Эта конференция проводится один раз в два года и является единственным научным форумом в России, посвященным исключительно грид-технологиям. В конференции приняло участие более 200 ученых и специалистов, которыми было представлено около 130 докладов [30]. Вышел из печати сборник трудов конференции, в который вошли 79 статей и который доступен в электронном виде [31]. На прошедшем в сентябре 2009 года в Варне симпозиуме NEC’2009, организованном совместно ОИЯИ, ЦЕРН и ИЯЭЯИ БАН, особое внимание было уделено участию ОИЯИ и России в работах по внедре-

нию и развитию грид-технологий [32].

Важным аспектом является обучение работе в грид-среде [33]. Так например, в течение 2008-2009 гг. в ОИЯИ были проведены курсы для системных администраторов, курсы для участников эксперимента ATLAS, курсы по работе с данными в грид-среде, обучающие курсы по среде gLite; читались учебные лекции для участников конференции GRID'2008. В ноябре 2009 года был прочитан курс лекций для слушателей школы российских учителей физики в ЦЕРН [34]. Также на школах, проводимых на базе УНЦ ОИЯИ, периодически читаются вводные лекции по грид и лекции по компьютерингу для экспериментов БАК в контексте использования глобальной грид-инфраструктуры WLCG/EGEE.

В области освоения и развития грид-технологий мы работаем в тесном сотрудничестве с российскими институтами и научными центрами стран-участниц ОИЯИ (Украины, Белоруссии, Чехии, Германии, ЮАР, Болгарии, Армении, Грузии, Азербайджана, Узбекистана). Для выполнения обязательств ОИЯИ в рамках его участия в международных проектах, а также с целью популяризации грид-технологий сотрудниками ЛИТ была создана и успешно используется учебно-исследовательская и тестовая грид-инфраструктура [35]. На настоящий момент учебный комплекс по работе в среде gLite состоит из трех грид-сайтов ОИЯИ, а также грид-сайтов ИФВЭ (г. Протвино), ИМИТ АН РУз (г. Ташкент, Узбекистан), Софийского университета "Св. Климент Охридски" (г. София, Болгария), Института теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины и НТУУ "КПИ" (г. Киев, Украина) и включает в себя необходимый набор грид-сервисов. Ведутся работы по созданию грид-сайта в Юго-западном университете "Неофит Рильски" (г. Благоевград, Болгария) с последующим его подключением к данному распределенному учебно-тестовому комплексу. Созданная инфраструктура была успешно применена на практике для решения задач в области грид в рамках выполнения обязательств ОИЯИ в международных проектах EGEE и "СКИФ-ГРИД", а также на ней ведется обучение работе в грид-среде пользователей, системных администраторов и студентов.

В ходе участия в проектах WLCG и EGEE грид-инфраструктура, созданная в ОИЯИ и интегрированная в глобальную грид-инфраструктуру WLCG/EGEE, полностью отвечает требованиям экспериментов БАК и успешно прошла тестовые испытания накануне его запуска. Основными задачами являются дальнейшее поддержание работоспособности

грид-сайта ОИЯИ на необходимом для участия ОИЯИ в анализе данных с экспериментов БАК уровне и развитие производительности сайта в соответствии с потребностями экспериментов.

Результаты работы по участию ОИЯИ в проектах WLCG и EGEE были представлены на международных конференциях (GRID'2008, Дубна; NEC'2009, Варна, Болгария, 2009; конференциях проекта EGEE (Стамбул, 2008; Барселона, 2009); конференциях ACAT'2008 (Эриче, Италия, 2008) и CHER'2009 (Прага, 2009)) [28, 30, 36].

Список литературы

- [1] <http://lcg.web.cern.ch/LCG/>
- [2] LCG-TDR-00, CERN-LHC-2005-024, CERN, 2005.
- [3] <http://www.eu-egee.org/>
- [4] S.D.Belov et al.: JINR Participation in the LCG and EGEE Projects (in Russian), LIT JINR Scientific Report 2004-2005, Dubna, JINR, 2005, pp.40-45.
- [5] V.Korenkov: JINR Participation in the LCG and EGEE Projects, NEC'2005 Proceedings, Dubna, 2006, pp.170-173.
- [6] S.D.Belov et al.: Participation of the JINR in the WLCG and EGEE Projects, LIT JINR Scientific Report 2006-2007, Dubna, 2007, pp.47-52
- [7] S.D.Belov et al.: Current status of JINR participation in the WLCG and EGEE projects, in Proc. of the NEC'2007 Int. Symposium, Dubna, 2008, pp.111-115.
- [8] S.D. Belov et al.: Joint Institute for Nuclear Research in the WLCG and EGEE projects, in Proc.of GRID'2008 Int.Conf., Dubna, 2008, pp.137-142.
- [9] N.I.Gromova et al.: LHC Computing Organization and Support at the JINR, LIT JINR Scientific Report 2006-2007, Dubna, 2007, pp.38-42.
- [10] <http://www.egee-rdig.ru>
- [11] <http://mcdb.cern.ch/>
- [12] S. Belov et al.: LCG MCDB - a Knowledgebase of Monte Carlo Simulated Events, Computer Physics Communications, Volume 178, Issue 3, 2008, p. 222.
- [13] S. Belov et al.: LCG MCDB and HepML, next step to unified interfaces of Monte-Carlo simulation, PoS ACAT08:115, 2008.
- [14] <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/EGEE/SA3>, <https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/EGEE/EGEECertification>, <http://it-div.web.cern.ch/it-div/>
- [15] Галактионов В.В.: EGEE/SA3 – интеграция, тестирование и сертификация, в данном сборнике, с.34-36.
- [16] V.Gavrilov et al.: Current Status of RDMS CMS Computing, in Proc. of the NEC'2007 Int. Symposium, Dubna, 2008, pp.203-208.

- [17] V. Gavrilov et al.: RDMS CMS computing activities before the LHC startup, in Proc.of GRID'2008 Int.Conf. Dubna, 2008, pp.156-159.
- [18] A. Bogdanov et al.: RDIG ALICE computing just before the first LHC data, in Proc.of GRID'2008 Int.Conf., Dubna, 2008, pp.164-168.
- [19] <http://rocmon.jinr.ru:8080>
- [20] S.D.Belov, I.M.Tkachev: RDIG monitoring and accounting, in Proc.of the GRID'2008 Int.Conf., Dubna, 2006, pp.26-27.
- [21] <http://dashboard.cern.ch>
- [22] J.Andreeva, S.Belov, I.Sidorova, E.Tikhonenko et al.: Dashboard for the LHC experiments J.Phys.Conf.Ser., 119:062008, 2008.
- [23] <http://dashb-cms-job-devel.cern.ch/doc/guides/service-monitor-gearth/html/user/index.html>
- [24] С.Мицын: Визуализация мониторинга грид-инфраструктуры EGEE как географически распределенной системы, в данном сборнике, с.37-40.
- [25] FTS twiki page (<https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/EGEE/FTS>).
- [26] Кореньков В.В., Ужинский А.В.: Архитектура сервиса передачи данных в grid, Открытые системы, №2, 2008, с.52-56.
- [27] Кореньков В.В., Ужинский А.В.: Система мониторинга сервиса передачи данных (FTS) проекта EGEE/WLCG, Дубна, 2008. P11-2008-80.
- [28] Кореньков В.В., Ужинский А.В.: Статистический анализ сбоев, возникающих при пересылке данных в глобальной грид-инфраструктуре EGEE/WLCG, Дубна, 2008. P11-2008-82.
- [29] <http://www.egee-rdig.ru>
- [30] <http://grid2008.jinr.ru>
- [31] <http://www.egee-rdig.ru/documents/open/66/PROCGRID2008.pdf>
- [32] <http://nec2009.jinr.ru>
- [33] <http://rus.egee-rdig.ru/rdig/user.php>
- [34] <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=72870>
- [35] С.Д. Белов, В.В. Кореньков, Н.А. Кутовский: Учебно-исследовательская и тестовая грид-инфраструктура, в данном сборнике, с.44-46.
- [36] <http://acat2008.cern.ch>;
<http://www.particle.cz/conferences/chep2009>