РУМЫНИЯ: НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

ROMANIA: BRAND-NEW ENGINEERING SOLUTIONS

И. БОЛЬШИНСКИЙ,
К. АЛЛЕН
(Национальная лаборатория штата Айдахо, США),
Л. БИРО
(Национальная Комиссия по надзору за атомной деятельностью, Румыния),
М. ДРАГУШИН
(Национальный научно-исследовательский институт физики и ядерной инженерии «Хория Хулубей», Румыния),
Б.А. КАНАШОВ,
М.Е. БУДУ
(ООО НПФ «Сосны», Россия)

Успешное выполнение воздушной перевозки ОЯТ из Румынии привнесло в программу RRRFR новые технические решения, в дальнейшем использованные при реализации других проектов.

К 2009 году в рамках программы RRRFR высокообогащенное ОЯТ российского происхождения уже было вывезено из многих стран – Узбекистана, Чешской Республики, Латвии, Венгрии, Казахстана, Болгарии. Для транспортирования использовались различные средства – от специальных вагонов-контейнеров до железнодорожных платформ, от речной баржи до океанского судна.

В 2005 году план вывоза ОЯТ ВОУ из Национального научно-исследовательского института физики и ядерной инженерии «Хория Хулубей» (IFIN-HH, город Магуреле, Румыния) в Российскую Федерацию предусматривал применение специальных вагонов-контейнеров ТК-5 для перевозки контейнеров ТУК-19 с ОЯТ транзитом через Украину. В качестве альтернативы предполагалось использовать средства и маршрут периодических перевозок ОЯТ с болгарской АЭС «Козлодуй» (баржей по реке Дунаю и поездом через Украину в Россию).

Поскольку со страной транзита не удалось достигнуть соглашения к назначенному сроку, в феврале 2007 года американские, российские и румынские партнеры приняли решение в пользу воздушной перевозки ОЯТ как основного варианта. К этому времени уже были проведены инспекции ОЯТ, результаты которых подтвердили соответствие его параметров международным требованиям к воздушным перевозкам радиоактивных материалов. На это решение повлиял и короткий маршрут авиаперелета, исключавший пролет над какими-либо другими странами, кроме отправителя и получателя.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ

Проект осуществлялся при финансовой поддержке и под руководством Министерства энергетики США. В отличие от других программ такого типа в Румынии управление проектом осуществляла Национальная Комиссия по надзору за атомной деятельностью (CNCAN) – регулирующий орган. Это, в частности, потребовало нового подхода к организации работ, что дало возможность укрепить сотрудничество между странами-участницами на правительственном уровне, а также между румынскими государственными

I. BOLSHINSKY,
K. ALLEN
(Idaho National Laboratory, USA),
L. BIRO
(National Commission for Nuclear Activities Control, Romania),
M. DRAGUSIN
(National Institute for R&D in Nuclear Physics and Nuclear Engineering "Horia Hulubei", Romania),
B.A. KANASHOV,
M.E. BUDU
(R&D Company Sosny, Russia)

The successful implementation of the SNF air shipment from Romania brought in the RRRFR Program various new engineering solutions, further used by other participating countries.

Until 2009, the RRRFR program repatriated HEU spent nuclear fuel of Russian origin from many countries, like Uzbekistan, Czech Republic, Latvia, Hungary, Kazakhstan and Bulgaria. The means of transport used were various; from specialized train to platform trains, from river barge to sea vessel.

Initially, in 2005, the transport plan of the HEU spent nuclear fuel from the National Institute for R&D in Nuclear Physics and Nuclear Engineering "Horia Hulubei" (IFIN-HH) in Magurele, Romania considered the use of the specialized TK-5 train for the carriage of Russian TUK-19 transport casks with SNF transiting Ukraine. As an alternative, it was proposed to use the means and route of the periodical SNF shipments from the Bulgarian NPP Kosloduy (by barge on the Danube and by train through Ukraine to Russia).

Due to impossibility to reach an agreement in due time with the transit country, in February 2007 the US, Russian and Romanian project partners decided to adopt the air shipment of the spent nuclear fuel as prime option. By this time the spent nuclear fuel inspections were completed, proving the compliance of its parameters with the international requirements for air shipments of radioactive materials. The short air route avoiding overflying of any other countries except the country of origin and the country of destination also contributed to the decision making in this issue.

PROJECT MANAGEMENT

The project benefitted from the funding and management of the US Department of Energy. Unlike other projects of this type, in Romania the project was managed by the National Commission of Nuclear Activities Control (CNCAN) – nuclear regulatory body. This particularity brought a different work organization approach, which made possible a better cooperation at the Governmental level between the involved countries, and between the Romanian state institutions that contributed to the project. At the same time, the regulatory issues were adорганизациями, которые внесли свой вклад в проект. В то же время вопросы регулирования рассматривались CNCAN отдельно от вопросов управления. Однако постоянное прямое участие во всех работах уже на начальной стадии проектирования и анализа безопасности, а также наблюдение процесса сертификации воздушной перевозки ОЯТ в Российской Федерации оказали серьезную поддержку процессу лицензирования. IFIN-HH осуществлял руководство технической подготовкой объекта и операциями обращения с ОЯТ, а также за счет средств, выделенных правительством Румынии, провел некоторые другие важные мероприятия (в частности, ремонт дорог на площадке), что обеспечило своевременное выполнение подготовительных работ.

Учитывая уникальность проекта, в Российской Федерации все работы в его рамках тщательно контролировались и поддерживались Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом». Вопросы ядерной безопасности и радиационной защиты, готовности к аварийным ситуациям и устранению последствий аварии при транспортировании отработавшего ядерного топлива были решены российскими специалистами под строгим контролем Департамента ядерной и радиационной безопасности, организации лицензионной и разрешительной деятельности Госкорпорации «Росатом» и Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

С российской стороны вклад в выполнение проекта внесли НПФ «Сосны», ФГУП «ФЦЯРБ», ФГУП «ПО «Маяк», ОАО «ГНЦ НИИАР», авиакомпания «Волга-Днепр», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», ФГУП «ГНЦ РФ – ФЭИ», ФГУП АТЦ СПб, ОАО «Абаканвагонмаш», ООО «ОЗНО» и другие организации.

ПОДГОТОВКА К ПЕРЕВОЗКЕ

Подготовительные работы заняли 4,5 года. Основную их часть выполнили российские специалисты.

Была разработана концепция транспортирования, проведены инспекция топлива и демонстрация возможности его загрузки в контейнеры ТУК-19 и приемки на ПО «Маяк» для переработки и дальнейшей утилизации. Поскольку не было обнаружено поврежденных топливных сборок, то проведения работ по инкапсуляции ОТВС не потребовалось. Две ОТВС имели механическую деформацию, но оставались герметичными.

Разработаны и сертифицированы транспортные средства для обеспечения безопасной перевозки кон-

Рис. 1. Маршрут воздушной перевозки
Fig. 1. The air shipment route

dressed by CNCAN independently from the management activities, but a better support for the licensing process was assured by regular direct participation in all project activities starting from early design and safety analysis phases, and by observing the SNF air shipment certification process in the Russian Federation. On the other hand, IFIN-HH managed all the technical preparations on-site and all the operations involving the handling of the SNF, and also obtained Governmental financial support for some other important works on-site that helped to timely complete preparatory work (i.e. facility roads refurbishment).

Given the uniqueness of the project, in the Russian Federation, the project developments were carefully supervised and supported by the State Corporation for Atomic Energy Rosatom. All nuclear safety, radiation protection, emergency preparedness and accident consequences questions regarding air shipment of spent nuclear fuel were answered by Russian experts, under the strict oversight of the Rosatom's Department of Nuclear and Radiation Safety, Organization of Licensing and Authorizing Activity and Federal Service for Ecological, Technological and Nuclear Supervision (Rostechnadzor).

R&D Company Sosny, Federal Center for Nuclear and Radiation Safety, PA Mayak, SCC RIAR, Volga-Dnepr Airlines, VNIIEF, IPPE, Rosatom's Emergency Center – Saint Petersburg, Abakanvagonmash, OZNO and many others contributed from the Russian side to the completion of the project.

SHIPMENT PREPARATIONS

The preparation work took 4.5 years. The majority of this work was fulfilled by the Russian specialists.

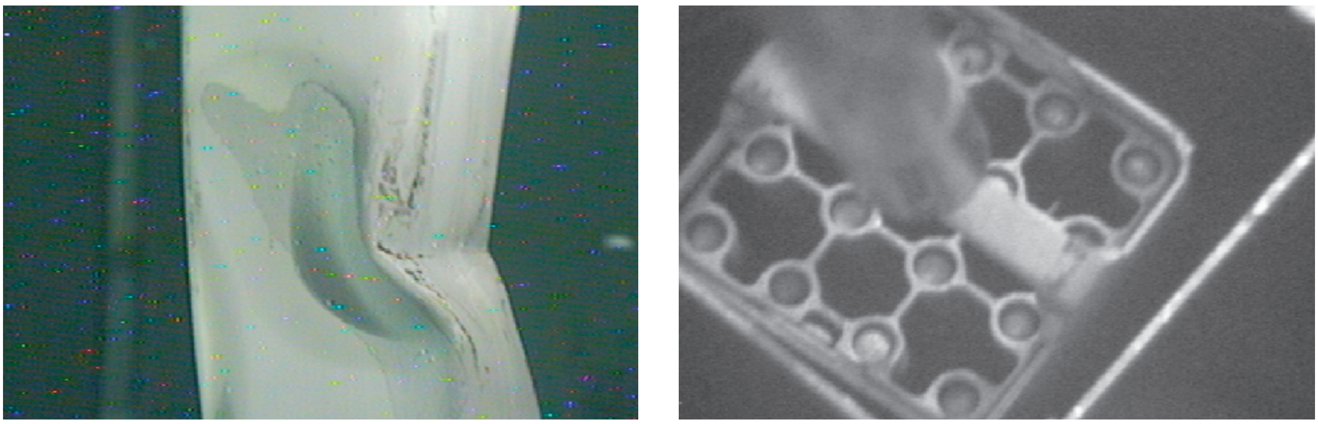

Рис. 2. Дефекты, обнаруженные на двух ОТВС, не препятствовали их загрузке в чехол ТУК-19
Fig. 2. The defects detected on two SFAs did not hinder loading into the TUK-19 cask

тейнеров ТУК-19 любым видом транспорта, включая самолет. Среди них – специализированные грузовые ISO-контейнеры и системы крепления. После вывоза ОЯТ из Румынии это оборудование было использовано в ливийском, польском и сербском проектах для перевозок контейнеров ТУК-19 воздушным, автодорожным, железнодорожным и водным видами транспорта.

Была подготовлена разрешительная документация на транспортирование упаковок с ОЯТ воздушным транспортом – сертификаты, технические условия и аварийная карточка на воздушную перевозку, специальные экологические программы, лицензии на импорт и т.д. В феврале 2009 года Госкорпорация «Росатом» выдала комбинированный сертификат на конструкцию и перевозку упаковки типа B(U)F для контейнеров ТУК-19 в соответствии с требованиями МАГАТЭ (TS-R-1), российскими правилами (НП-053-04) и новым административным регламентом «Выдача сертификатов для перевозок радиоактивных материалов и ведение учета сертификатов» (2007 год). Следуя правилам МАГАТЭ, CNCAN в свою очередь выдала многостороннее подтверждение российского сертификата.

Персонал румынского исследовательского реактора прошел обучение обращению с российскими контейнерами ТУК-19, ISO-контейнерами и системами крепления.

Румынский проект – хороший пример международного сотрудничества по нераспространению ядерных материалов. Румыния при поддержке США и Российской Федерации стала третьей страной, которая в рамках реализации программы RRRFR избавилась от всего ядерного топлива с высокообогащенным ураном.

The Romanian RRRFR Programme was a good example of international cooperation for achieving nonproliferation goals. With USA and the Russian Federation support, Romania is now a HEU-free country, the third in the RRRFR Programme.

ЗАГРУЗКА ОЯТ В КОНТЕЙНЕРЫ

При реализации данного проекта впервые в рамках программы RRRFR был также создан и использован перегрузочный контейнер для снижения радиационных доз и рисков при загрузке топлива в ТУК-19. Данная технология была разработана с учетом требований других проектов программы репатриации ОТВС российского происхождения и впоследствии использовалась в институте «Винча» (Сербия).

Перегрузочный контейнер и вспомогательное оборудование были спроектированы НПФ «Сосны» и изготовлены в Румынии в Институте ядерных исследований (INR, город Питешти). Оборудование включало рабочие площадки для различных операционных зон реакторного зала, гнездо для перегрузочного контейнера, устанавливаемое на бассейн выдержки, макеты контейнера ТУК-19 и чехла 50 для использования при демонстрационных испытаниях оборудования, обучении персонала и отработке операций. Наиболее сложные и чувствительные компоненты (выдвижной шибер перегрузочного контейнера и автоматический захват) – особая гордость разработчиков и производителей оборудования.

Радиационная защита, обеспечиваемая вспомогательным оборудованием, а также дополнительно уста-

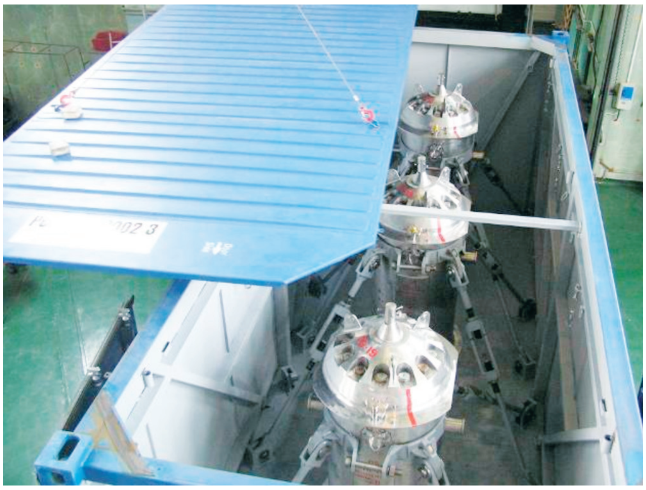

Рис. 3. Транспортный пакет на базе ISO-контейнера вмещает три ТУК-19

Fig. 3. A transport overpack based on the ISO-container accommodates three TUK-19 casks

The Transport Concept was developed, the fuel inspections and demonstration of acceptance for loading in TUK-19 casks and at PA Mayak for reprocessing and further utilization were performed. Since no defective spent fuel assemblies were detected, no repackaging operations were necessary. Two spent fuel assemblies presented mechanical deformations but they were tight.

The special transport means to safely ship TUK-19 casks by any conveyance, including by aircraft were designed and certified. They consist in specialized freight ISO-containers and tie-down systems. After the air shipment from Romania, the equipment was used in the Libyan, Polish and Serbian projects, for TUK-19 shipments by air, truck, rail and water.

The required documentation for the approval to transport SNF packages by air was prepared - certificates, technical specifications for SFA delivery, special requirements for air transportation, emergency card for air shipment, special ecological programs, Unified Project, import license etc. Rosatom issued the combined B(U)F type package and shipment certificate for TUK-19 casks air shipment, in compliance with IAEA TS-R-1, Russian NP-053-04 and the new (2007) Administrative Regulation on execution of the state function "Issue of certificates for transportations of radioactive materials and keeping register of the certificates" in February 2009. In its turn, CNCAN issued a multilateral approval of the Russian Certificate in compliance with IAEA TS-R-1 regulations.

The personnel of the Romanian research reactor was trained to handle Russian casks, ISO-containers and tie-down systems.

THE SNF LOADING IN CASKS

During the implementation of this project, for the first time in the program, a transfer cask was developed and used to reduce the doses and risks during fuel loading in TUK-19 casks. The technology was designed also taking into consideration the requirements of other RRRFR projects, and subsequently used in the similar project from Vinca (Serbia).

The transfer cask and interface equipment was designed by Russian R&D Company Sosny and fabricated in Romania новленный небольшой (грузоподъемностью 1000 кг) консольный кран для операций с крышкой контейнера ТУК-19 позволили значительно снизить время выполнения операций и, соответственно, дозу облучения персонала. За пять дней загрузки отработавшего топлива в контейнеры ТУК-19 наибольшая индивидуальная доза, зарегистрированная дозиметром Saphydose, составила 0,068 мЗв.

Поскольку приреакторный бассейн выдержки рассчитан на хранение только 60 ОТВС, а количество сборок с ВОУ, подлежавших вывозу, составляло 70 штук, то до начала перегрузочных операций 10 оставшихся ОТВС из хранилища ОЯТ (отдельного здания) были заранее доставлены и загружены в реактор с использованием одноместного перегрузочного контейнера. Для перемещения ОТВС из реактора в приреакторный бассейн выдержки применялась штатная перегрузочная система установки. Поскольку реактор ВВР-С к тому времени был остановлен и ожидал дальнейшего вывода из эксплуатации, CNCAN выдала специальное разрешение на проведение этой операции на основе результатов анализа безопасности, проведенного IFIN-HH.

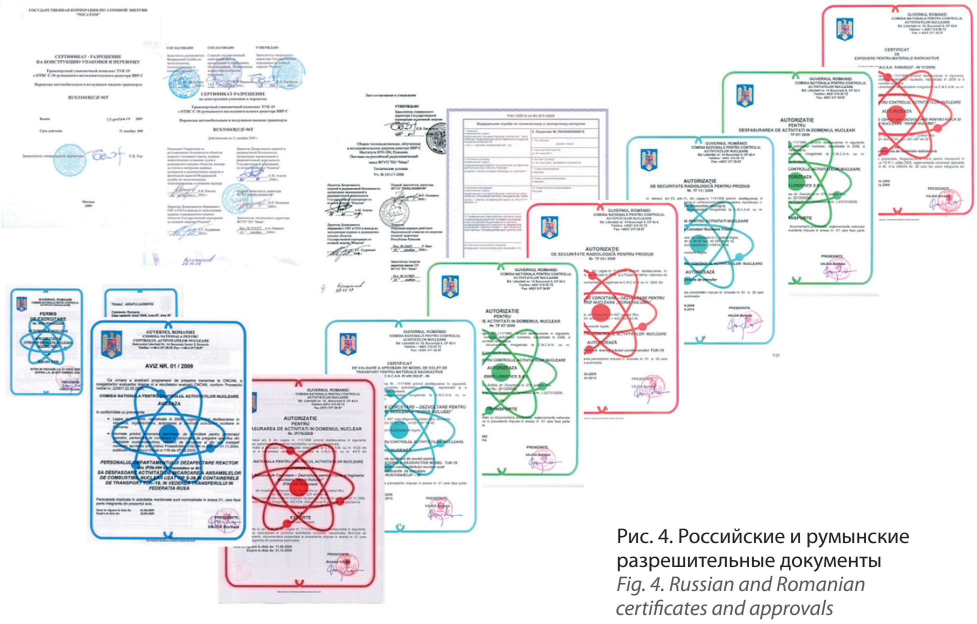

Рис. 4. Российские и румынские разрешительные документы
Fig. 4. Russian and Romanian certificates and approvals

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Распределение стоимости видов работ в рамках проектов программы RRRFR в значительной степени зависит от особенностей конкретного проекта – количества и технического состояния ОЯТ, типа используемого контейнера, маршрута перевозки, вида транспорта и т.д.

Румынский проект включал в себя 19 задач, которые, в свою очередь, были разбиты на 69 подзадач. Общая стоимость проекта составила более $10 млн, которые были направлены на решение следующих задач (рис. 5):

– SP – подготовка перевозки: оценка стоимости, подготовка контрактов, страхование, работа с таможней и т.д.;

– ES – безопасность окружающей среды: подготовка и выполнение специальных экологических программ для реа-

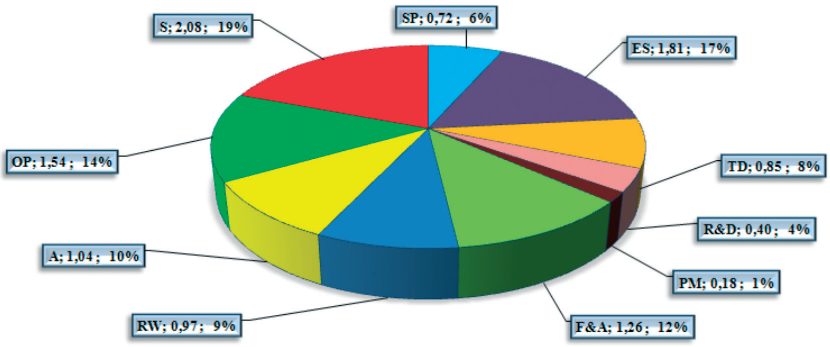

Рис. 5. Распределение финансовых ресурсов (назначение; $ млн; %)
Fig. 5. Financial Resources Distribution (destination; mil USD; %)

by INR Pitesti. The design included frames for utilization in different work areas of the reactor hall, pool seat as interface component with the transfer cask, TUK-19 and basket 50 mock-ups for utilization during demonstrations of equipment, procedures and operator training. The most complicated and sensitive components (mobile lower gate of the transfer cask and the automatic grapple) were a special pride for the designers and the fabricator of the equipment.

The radiation shielding assured by this equipment and the installation of a supplementary small (1000 kg) jib crane to handle the TUK-19 cask lid during operations, substantially decreased the time of the operations and, consequently, the personnel dose exposure. During 5 days of spent nuclear fuel loading in TUK-19 casks, the biggest individual dose registered by Saphydose dosimeters was of 0.068 mSv.

Prior to the loading operations, the reactor core was partially loaded with spent fuel assemblies (10 pieces) from the Reactor Spent Fuel Storage (a separate building), using the original one-cell transfer cask, because the spent fuel cooling pond in the reactor hall of Romanian VVR-S has only 60 places for spent fuel assemblies and the number of HEU assemblies needed to be shipped was 70. These SFAs were moved from the reactor core to the reactor cooling pool by the original transfer system of the reactor. Because at that time the VVR-S reactor was shut down for further decommissioning, CNCAN issued a separate permit for this action, based on the safety analysis performed by IFIN-HH.

THE DISTRIBUTION OF FUNDING

The distribution of costs in the framework of RRRFR projects strictly depends on the particularities of each project – the amount and technical condition of the spent nuclear fuel, the type of cask used, mode of transport and specific routes etc.

The Romanian RRRFR project was implemented in a structure of 19 tasks, divided in a total of 69 sub-

Рис. 6. Вывоз отработавшего топлива из IFIN-HH, Магуреле / *Fig. 6. Shipment of irradiated fuel from IFIN-HH, Magurele*

билитации загрязненных территорий (Указ Правительства Российской Федерации №588 от 22.09.2003) и другие процедуры для ввоза ОЯТ в Россию;

– TD – подготовка технической документации: анализ безопасности, подготовка транспортно-технологической схемы, специальных требований к воздушной перевозке, технических условий ввоза ОЯТ, аварийной карточки для воздушной перевозки, процедур и инструкций по обращению с оборудованием и т.д.;

– R&D – исследования и разработка новых технологий и оборудования: разработка технологии загрузки ОЯТ в контейнеры ТУК-19 с использованием перегрузочного контейнера и средств транспортирования контейнеров ТУК-19 любыми видами транспорта (специализированных грузовых контейнеров и систем крепления);

– PM – управление проектом;

– F&A – изготовление и закупка нового оборудования;

– RW – обращение с радиоактивными отходами (в ПО «Маяк» и конечное захоронение в Российской Федерации);

– A – получение разрешений в России и Румынии на конструкцию и воздушную перевозку упаковки, на использование всего оборудования, для операторов IFIN-HH, авиационных и автодорожных перевозчиков, на проведение операций по обращению с ядерным топливом на реакторе ВВР-С;

– OP – операции с ОЯТ, включая проведение инспекций, загрузку транспортных контейнеров в IFIN-HH, переработку и временное хранение в ПО «Маяк»;

– S – воздушная и автодорожные перевозки ОЯТ из IFIN-HH и свежего ВОУ из INR, доставка пустых контейнеров ТУК-19 на объекты, возврат вспомогательного оборудования и запчастей для обращения с ТУК-19 в ПО «Маяк».

***

Первая в рамках реализации программы RRRFR воздушная перевозка ОЯТ была осуществлена 29 июня 2009 года из румынского аэропорта им. Генри Коанда (Бухарест) в российский аэропорт «Кольцово» (Екатеринбург).

А за день до этого в Россию, в ОАО «ГНЦ НИИАР», также по воздуху из INR был отправлен груз, содержащий необлученное высокообогащенное топливо. Эта перевозка была подготовлена в рекордно короткие сроки – за три недели. Таким образом, Румыния стала третьей страной после Латвии и Болгарии, свободной от топлива с высокообогащенным ураном.

tasks. The total cost of the project was of more than 10 mln USD, distributed among the following main destinations (fig. 5):

– SP – Shipment preparations: evaluation of costs, contracts preparation, insurance, customs etc.;

– ES – Environmental safety: the preparation and implementation of special ecological programs for rehabilitation of contaminated areas (Order of the Russian Federation Government No. 588/22.09.2003) and other procedures required for the import of the spent nuclear fuel in the Russian Federation;

– TD – Technical documentation preparation: safety analyses, transport and technological scheme, special requirements for air shipment, technical specifications for the import of the spent nuclear fuel, emergency card for air shipment, procedures and manuals for equipment operation etc.;

– R&D – Research and development of new technologies and equipment: development of transfer cask technology for loading the spent nuclear fuel in TUK-19 casks and means for transporting the TUK-19 casks by any conveyances (special freight containers and fixing system);

– PM – Project management;

– F&A – Fabrication or acquisition of new equipment;

– RW – Radioactive waste management: at PA Mayak and the final disposal in the Russian Federation;

– A – Authorization in Russia and Romania of the package design and shipment by air, of all equipment, IFIN-HH operators, air and road carriers and of operations involving spent nuclear fuel handling at the VVR-S research reactor;

– OP – Operations with spent nuclear fuel, including inspections, loading in transport casks at IFIN-HH, reprocessing and temporary storage at PA Mayak;

– S – Air and road shipments of spent nuclear fuel from IFIN-HH and of fresh HEU material from INR, empty TUK-19 casks delivery and return of spare parts and auxiliary equipment for TUK-19 handling back to PA Mayak.

***

The first SNF air shipment in the RRRFR Programme took place on 29th of June 2009 from the Romanian airport Henri Coanda (Bucharest) to Russian airport Koltsovo (Yekaterinburg).

And one day before that, another HEU cargo was shipped by air from INR also by air to RIIAR, in Russia. This shipment was prepared in a record period of 3 weeks. Thus, Romania became the third country in the programme after Latvia and Bulgaria completely free of HEU fuel.