

THE FRENCH-GERMAN INITIATIVE  
FOR CHERNOBYL



Programme 1

## Safety State of the Sarcophagus

*Programm 1*

Sicherheitszustand  
des Sarkophags

*Programme 1*

Sûreté du sarcophage

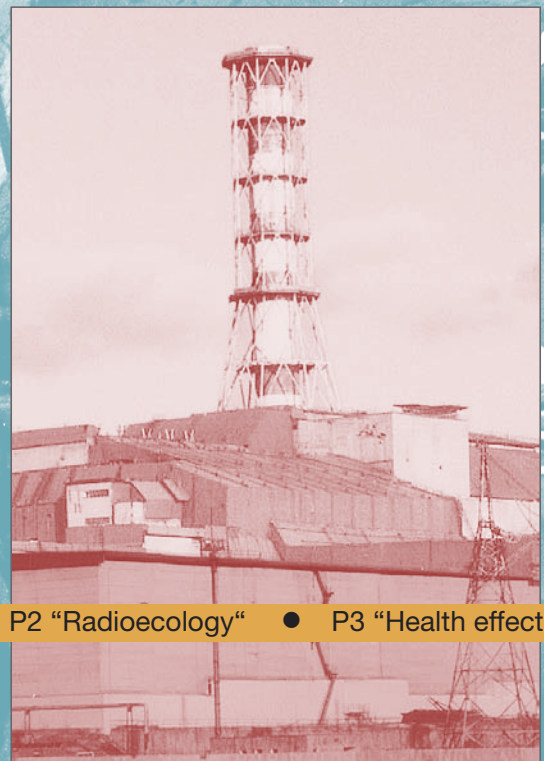
*Программа 1*

Безопасность Саркофага

in co-operation with



CHORNOBYL CENTRE FOR  
NUCLEAR SAFETY  
RADIOACTIVE WASTE  
AND RADIOECOLOGY



**Autoren/Auteurs/Authors/Авторы:**

G. Pretzsch (GRS), V. Lhomme (IRSN), A. Selesnew (CC),  
R. Roloff (GRS), A. Artmann (GRS), G. Berberich, Erfstadt-Gymnich

**Redaktion/Rédaction/Edited by/Редакция:**

G. Pretzsch (GRS), V. Lhomme (IRSN), G. Berberich, Erfstadt-Gymnich

**Endredaktion/Rédaction finale/Copy editor/Окончательная редакция:**

H.-P. Butz (GRS), N. Rutschkowsky (IRSN)

**Übersetzung/Traduction/Translation by/Перевод:**

F. Janowski (GRS), J. Kurjo (GRS), V. Lhomme (IRSN), N. Rutschkowsky (IRSN)

**Gestaltung/Réalisation/Layout/Оформление:**

G. Berberich, Erfstadt-Gymnich

**Titelblatt/Page de garde/Cover/Титульный лист:**

Endredaktion Gestaltung/Rédaction finale de la réalisation/Final copy editor of the layout/  
Окончательная редакция оформления

V. Scheithe (GRS), R. Knöll (GRS)

**Bildnachweis/Crédits photographiques/Picture credits/  
Источники воспроизведённых изображений:**

GRS-Archiv

**Druck/Impression/Printed by/Печать:**

Moeker-Merkur Druck GmbH (Köln)

November/Novembre/November/ноябрь 2005 г.

© GRS/IRSN

THE FRENCH-GERMAN INITIATIVE  
FOR CHERNOBYL

**GRS**

**IRSN**

Programme 1

## Safety State of the Sarcophagus

*Programm 1*

## Sicherheitszustand des Sarkophags

*Programme 1*

## Sûreté du sarcophage

*Программа 1*

## Безопасность Саркофага

in co-operation with



CHORNOBYL CENTRE FOR  
NUCLEAR SAFETY  
RADIOACTIVE WASTE AND  
RADIOECOLOGY

November 2005

**GRS / IRSN - 3**  
**ISBN 3-931995-83-6**

# Inhaltsverzeichnis

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Rückblick</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Internationale Kooperation für Tschernobyl: Ursprung und Rahmen der Deutsch-Französischen Initiative</b>	<b>10</b>
2.1	Internationaler Kontext .....	12
2.2	Start der Deutsch-Französischen Initiative .....	14
2.3	Ziele der Deutsch-Französischen Initiative .....	16
2.4	Organisation und Finanzierung der Deutsch-Französischen Initiative .....	16
2.4.1	Steuerungskomitee .....	16
2.4.2	Projekt-Lenkungsausschüsse .....	18
2.4.3	Finanzierung .....	18
<b>3</b>	<b>Das Programm „Sicherheitszustand des Sarkophags“</b>	<b>20</b>
3.1	Struktur und Partner des Programms .....	22
3.2	Datenerhebung und -aufbereitung .....	24
<b>4</b>	<b>Aufbau und Struktur der Datenbank</b>	<b>28</b>
4.1	Bibliografie der Primärinformationsquellen .....	30
4.2	Datenbank-Objekte .....	30
4.2.1	Bauliche Strukturen, Konstruktionen und Beton .....	32
4.2.2	Brennstoffhaltige Materialien und radioaktive Abfälle .....	34
4.2.3	Systeme und Ausrüstungen .....	38
4.2.4	ODL-Messungen zur Erfassung der radiologischen Situation auf dem Standortgelände und im Sarkophag .....	40
4.2.5	Messsysteme .....	46
<b>5</b>	<b>Struktur der Benutzeroberfläche</b>	<b>54</b>
5.1	Visueller Navigator .....	56
5.2	Datenzugriff von der Access-Datenbank .....	58
<b>6</b>	<b>Ausblick</b>	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>66</b>

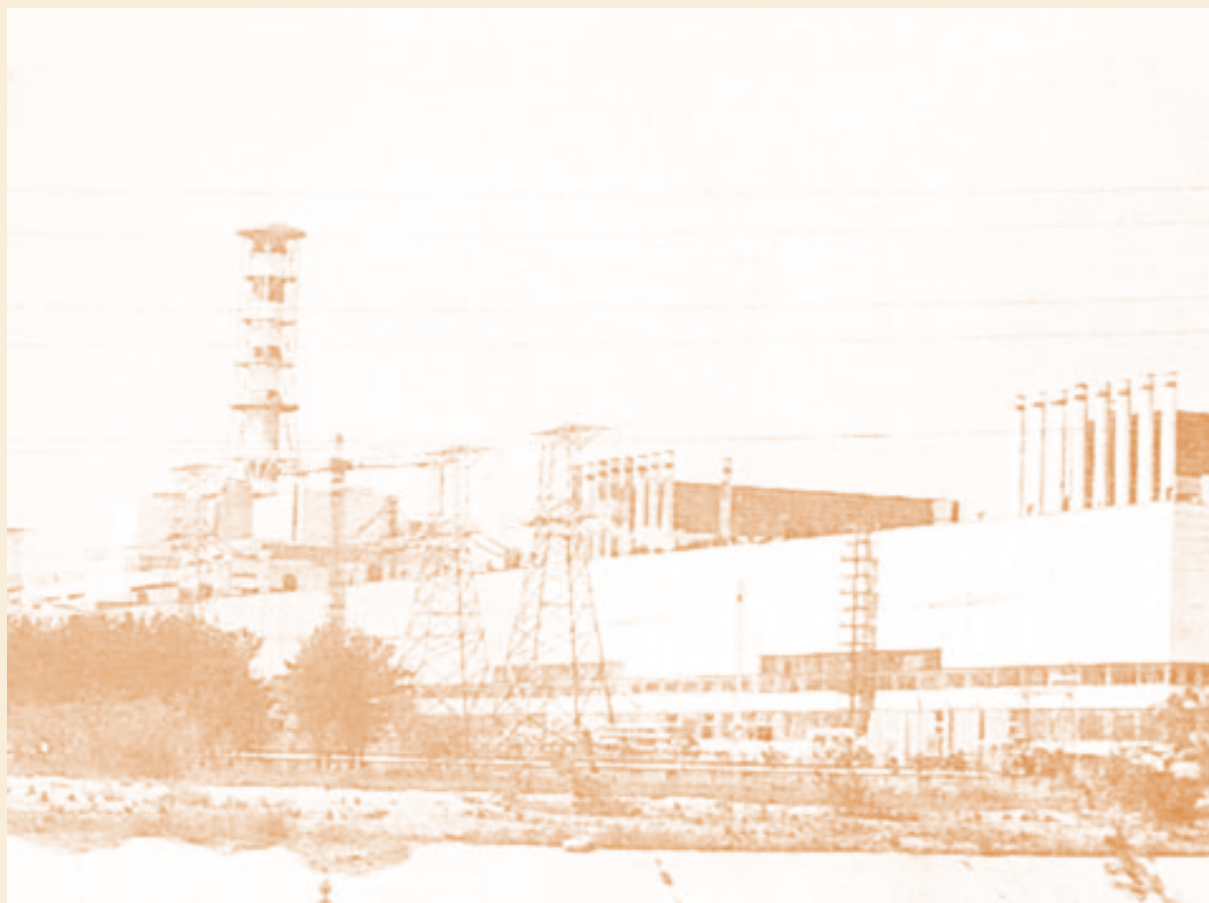
<b>1</b>	<b>Bref rappel historique</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>La coopération internationale sur Tchernobyl : origines et contexte de l'Initiative franco-allemande</b>	<b>10</b>
2.1	Contexte international .....	12
2.2	Genèse de l'Initiative franco-allemande .....	14
2.3	Objectifs de l'Initiative franco-allemande .....	16
2.4	Organisation et financement de l'Initiative franco-allemande .....	16
2.4.1	Le comité directeur .....	16
2.4.2	Les groupes de suivi de projet .....	18
2.4.3	Le financement .....	18
<b>3</b>	<b>Le programme sur l'état et la sûreté du «Sarcophage »</b>	<b>20</b>
3.1	Structure du projet et partenaires associés .....	22
3.2	Acquisition et traitement des données .....	24
<b>4</b>	<b>Structure de la base de données «sûreté du Sarcophage»</b>	<b>28</b>
4.1	Bibliographie des sources d'information primaires .....	30
4.2	Objets de la base de données .....	30
4.2.1	Structures de construction et béton .....	32
4.2.2	Matières contenant du combustible et déchets radioactifs .....	34
4.2.3	Systèmes et équipements .....	40
4.2.4	Mesures des débits de dose ambiant permettant de décrire la situation radiologique sur le site industriel et à l'intérieur du Sarcophage .....	42
4.2.5	Systèmes de mesures .....	46
<b>5</b>	<b>Structure de l'interface «utilisateur»</b>	<b>54</b>
5.1	Le navigateur visuel 3D .....	56
5.2	Accès à la base de données par MS Access .....	58
<b>6</b>	<b>Perspectives</b>	<b>62</b>
<b>7</b>	<b>Abréviations</b>	<b>66</b>

## Table of contents

## Оглавление

<b>1</b>	<b>A look back</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>Напомним</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>International Co-operation for Chernobyl: Origin and Framework of the French-German Initiative</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>Международное сотрудничество по вопросу Чернобыля: истоки и рамки Германо-французской инициативы</b>	<b>11</b>
2.1	International context.....	13	2.1	Международный контекст.....	13
2.2	Birth of the French-German Initiative.....	15	2.2	Истоки Германо-французской инициативы .....	15
2.3	Objectives of the French-German Initiative.....	17	2.3	Цели Германо-французской инициативы .....	17
2.4	Organisation and financing of the French-German Initiative.....	17	2.4	Организация и финансирование Германо-французской инициативы .....	17
2.4.1	Steering committee .....	17	2.4.1	Руководящий комитет .....	17
2.4.2	Project Review Groups.....	19	2.4.2	Комитеты управления проектами .....	19
2.4.3	Financing .....	19	2.4.3	Финансирование.....	19
<b>3</b>	<b>The Programme “Safety status of the Sarcophagus”</b>	<b>21</b>	<b>3</b>	<b>Программа „Безопасность Саркофага“</b>	<b>21</b>
3.1	Project structure and partners .....	23	3.1	Структура и партнёры Программы.....	23
3.2	Data acquisition and processing.....	25	3.2	Сбор и обработка данных .....	25
<b>4</b>	<b>Database structure</b>	<b>29</b>	<b>4</b>	<b>Структура базы данных</b>	<b>29</b>
4.1	Bibliography of primary information sources .....	31	4.1	Библиография первичных источников информации.....	31
4.2	Database objects .....	31	4.2	Объекты базы данных.....	31
4.2.1	Building structures and concrete .....	33	4.2.1	Строительные и технические конструкции и бетонные сооружения .....	33
4.2.2	Fuel-containing materials and radioactive waste .....	35	4.2.2	Топливосодержащие материалы и радиоактивные отходы.....	35
4.2.3	Systems and equipment.....	41	4.2.3	Системы и оборудование.....	39
4.2.4	Local dose rate measurement to describe the radiological situation on the industrial site and inside the Sarcophagus.....	41	4.2.4	Измерения МЭД для учёта радиационной обстановки на прилегающей территории и внутри саркофага.....	41
4.2.5	Measuring systems .....	49	4.2.5	Измерительная аппаратура .....	47
<b>5</b>	<b>Structure of the user interface</b>	<b>55</b>	<b>5</b>	<b>Структура оболочки пользователя</b>	<b>55</b>
5.1	Visual navigator .....	57	5.1	Визуальный навигатор.....	57
5.2	Database access via MS Access.....	59	5.2	Доступ к базе данных в Access.....	59
<b>6</b>	<b>Outlook</b>	<b>63</b>	<b>6</b>	<b>Дальнейшая перспектива</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>Abbreviations</b>	<b>67</b>	<b>7</b>	<b>Сокращения</b>	<b>67</b>





## Rückblick

In der Nacht des 26. April 1986 ereignete sich im Kernkraftwerk Tschernobyl der weltweit schwerste Unfall in der zivilen Nutzung der Kernenergie. Die Explosion des Reaktors Nr. 4 vom Typ RBMK und der anschließende Brand im Reaktorkern führten zu einer erheblichen Freisetzung radioaktiven Materials in die Umwelt und zum Auswurf von brennstoffhaltigen Trümmern des Reaktorkerns in die Umgebung des Kraftwerks.

## Bref rappel historique

Dans la nuit du 26 avril 1986, la centrale nucléaire de Tschernobyl fut le théâtre du plus grave accident qu'ait jamais connu une installation civile de production d'électricité nucléaire. L'explosion dans le réacteur numéro quatre (Unité 4), de type RBMK, puis l'incendie que celle-ci provoqua ensuite dans le cœur du réacteur entraînent des rejets considérables de matières radioactives dans l'environnement ; en outre, des débris de combustible radioactif présents dans le cœur furent projetés en dehors de la zone située à proximité immédiate de la centrale.





*Das Kernkraftwerk Tschernobyl vor dem Unfall 1986 (hinter dem Kamin links befindet sich der später zerstörte Block 4)*

*La centrale de Tchernobyl avant l'accident de 1986 (à gauche, la tranche 4 qui fut détruite)*

*The Chernobyl Nuclear Power Plant before the accident in 1986 (Unit 4, which was destroyed then, is behind the stack at the left)*

*Чернобыльская АЭС до аварии 1986 г. (слева находится позже разрушенный 4-й блок)*



*Ausmaß der Zerstörung von Block 4 in Tschernobyl*

*Ampleur des dégâts causés à l'Unité 4 de Tchernobyl*

*Extent of the damage to Unit 4 at Chernobyl*

*Масштабы разрушений на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС*

## A look back

In the night of 26 April 1986, the most severe accident worldwide that ever hit civil nuclear power generation occurred at the Chernobyl nuclear power plant. The explosion in the RBMK-type reactor no. 4 and the subsequent fire in the reactor core lead to a considerable release of radioactive materials into the environment and to fuel debris of the reactor core being thrown out into the area surrounding the power plant.

## Напомним

В ночь на 26 апреля 1986 года на Чернобыльской АЭС произошла самая тяжёлая за всю историю мирного использования атомной энергии авария. Взрыв на реакторе типа РБМК 4-го блока и последующий за ним пожар в активной зоне привели к значительному выбросу радиоактивного материала в окружающую среду и распространению топливосодержащих фрагментов активной зоны (ФАЗ) в окрестностях атомной станции.

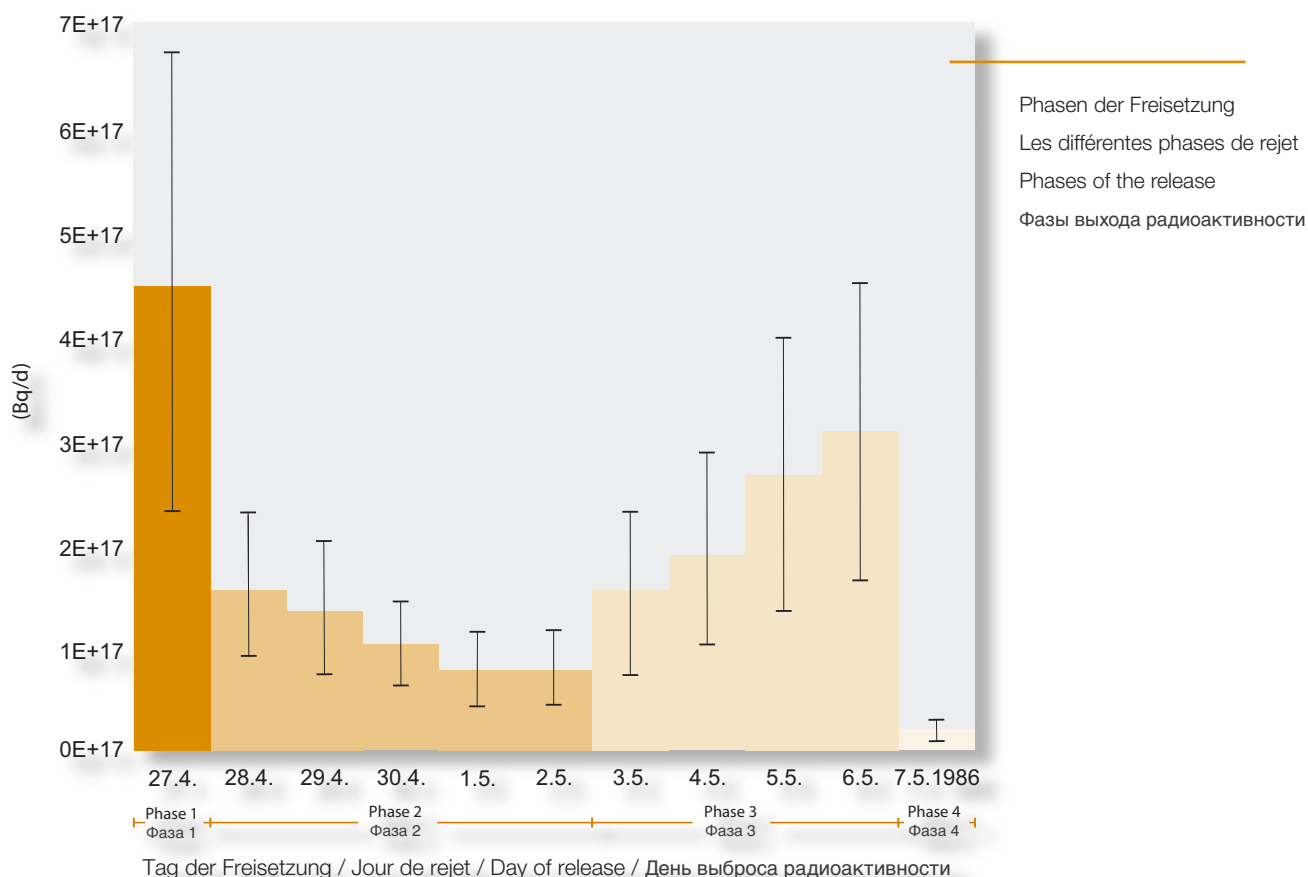


Die Freisetzung zog sich über einen Zeitraum von etwa zehn Tagen hin. Nach Meinung internationaler Experten und der GRS gliedern sich ihre Intensität und die Zusammensetzung der freigesetzten Radionuklide in vier Phasen:

- **Phase 1:** Bei der Explosion des Reaktors und während des späteren Brandes am ersten Tag wurde ein Teil des Brennstoffs – teilweise zu Brennstoffstaub oder -körnern fraktioniert – herausgeschleudert oder ausgetragen. Edelgase und leicht flüchtige Nuklide wie Iod, Tellur und Cäsium wurden massiv freigesetzt. Die Zusammensetzung der freigesetzten schwer flüchtigen Nuklide entsprach in etwa ihrem Anteil im zerstörten Reaktorkern. Der heiße Luftstrom des Grafitbrandes transportierte die radioaktiven Stoffe in mehr als 1.200 m Höhe.
- **Phase 2:** In den folgenden fünf Tagen nahm die Freisetzung stetig ab. Gründe hierfür waren Maßnahmen zum Löschen des Grafitbrandes und zur Abdeckung des verbliebenen Reaktorkerns unterhalb des Reaktorschachtes. Heiße Gase und Verbrennungsprodukte des Grafits rissen fein dispergierte Brennstoffteilchen mit. Die Nuklidzusammensetzung der freigesetzten radioaktiven Stoffe entsprach der im Kernbrennstoff. Die Temperatur der ausströmenden heißen Gase war niedriger als in Phase 1. Der Auftrieb verminderte sich und die freigesetzten Stoffe gelangten nur mehr in Höhen von 200 bis 400 m.
- **Phase 3:** Die Freisetzung nahm deutlich zu. Die Abdeckungen des zerstörten Kerns behinderten die Wärmeabfuhr. Dies

D'après les évaluations réalisées par des experts internationaux et la GRS (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH), le relâchement de produits radioactifs dura environ dix jours. Il est possible de distinguer quatre phases de rejets, selon leur intensité et la composition des radionucléides libérés.

- **Phase 1 :** au moment de l'explosion et pendant l'incendie du premier jour, une partie du combustible, partiellement décomposé en poussières ou en particules, fut expulsée. Des gaz rares et des radionucléides très volatils, comme l'iode, le tellure et le césium, furent émis en grandes quantités. La composition des radionucléides moins volatils libérés par la catastrophe correspondait à peu près à leur proportion dans le cœur du réacteur détruit. Le flux d'air chaud lié à l'incendie du graphite emporta les éléments radioactifs à plus de 1,2 km de hauteur.
- **Phase 2 :** au cours des cinq jours qui suivirent l'accident, la quantité d'éléments libérés diminua graduellement, grâce aux mesures prises pour éteindre l'incendie et pour couvrir les ruines du cœur du réacteur. Les gaz chauds et les produits de combustion du graphite transportèrent tout de même de très fines particules de combustible. La composition en radionucléides des matériaux radioactifs rejetés correspondait à celle du combustible nucléaire. La température des gaz chauds émis pendant cette période étant inférieure à celle durant la Phase 1, la force ascensionnelle s'en trouva réduite et les matériaux envoyés dans l'atmosphère à ce moment-là n'atteignirent que des hauteurs comprises entre 200 et 400 mètres.





According to assessments by international experts and GRS, the release lasted over a period of approx. ten days. Its intensity and the composition of the radionuclides released was structured in four phases:

- **Phase 1:** Upon the explosion and during the later fire on the first day, part of the fuel – some of it fractionated as fuel dust or grains – was ejected or otherwise released with less force. There was a massive release of noble gases and highly volatile nuclides such as iodine, tellurium and caesium. The composition of the less volatile nuclides released approximately corresponded to their share in the destroyed reactor core. The hot air stream of the graphite fire transported the radioactive materials more than 1,200 m up into the air.
- **Phase 2:** During the following five days, the release gradually decreased. This was due to the measures taken to extinguish the graphite fire and to cover the remains of the reactor core underneath the reactor cavity. Hot gases and combustion products of the graphite entrained the finely-dispersed fuel particles. The nuclide composition of the radioactive materials released corresponded to that of the nuclear fuel. The temperature of the outflowing hot gases was lower than during Phase 1. Lift was reduced, and the materials released now merely reached heights of between 200 and 400 m.
- **Phase 3:** The release increased considerably. The cover above the destroyed core impaired the removal of heat. This led to the heating of the remaining reactor core up to more than 2,000 °C and to subsequent core melting. Mainly highly volatile nuclides such as iodine and caesium were released from the hot fuel.
- **Phase 4:** On 7 May, the release abruptly subsided. This is surprising and still not fully explained to this day. A major influence is attributed to the countermeasures and to the formation of less volatile radionuclide compounds. Slight measurable releases continued for the rest of the month.

The entire radioactivity released into the atmosphere totalled  $12 \cdot 10^{18}$  Becquerel (Bq). The radioactive cloud carried radionuclides such as iodine 131 (half-life: 8 days), caesium 134 (half-life approx. 2 years) and caesium 137 (half-life approx. 30 years) to many European countries. The countries most affected were Belarus, the Ukraine, and Russia. Owing to their short half-lives, iodine 131 and caesium 134 have long disappeared. However, there is still measurable surface radioactivity, which can be mainly put down to caesium 137.

After the accident the priority task was to isolate the destroyed reactor from the environment to prevent any further release of high-active materials. For this purpose, a steel and concrete structure was erected around the destroyed reactor between May and October 1986 in a race against time and under extremely difficult conditions. The urgency of the task allowed no time for any detailed planning. Some of the components of the so-called “Sarcophagus” were designed and built according to standard engineering criteria, but often assembled by remote control due to the radioactive radiation, which meant that in some cases it

Выход радиоактивности продолжался в течение примерно десяти дней. По мнению международных экспертов и экспертов GRS аварию можно условно разделить на четыре фазы по интенсивности и составу вышедших радионуклидов:

- **Фаза 1:** При взрыве реактора и во время последующего пожара в первый день часть топлива – как в форме топливосодержащей пыли, так и более крупных частиц – была выброшена или разнесена в окружение. Произошёл массивный выход инертных газов и таких лёгких летучих нуклидов как йод, теллур и цезий. Состав вышедших тяжёлых летучих нуклидов отвечал их примерной доле в разрушенной активной зоне. Поток горячего воздуха от горящего графита выносил радиоактивные вещества на высоту более 1.200 м.
- **Фаза 2:** В последующие пять дней интенсивность выхода радиоактивности постоянно уменьшалась. Причиной этого были мероприятия по тушению горящего графита и покрытию оставшейся в реакторе активной зоны внутри реакторной шахты. Горячие газы и продукты горения графита выносили мелкодисперсные частицы топлива. Нуклидный состав выходящих радиоактивных веществ соответствовал их составу в ядерном топливе. Температура выходящих горячих газов была ниже температуры в Фазе 1, а их подъёмная сила уменьшилась, и выходящие вещества достигали лишь высоты от 200 до 400 м.
- **Фаза 3:** Выход радиоактивности значительно уменьшился. Покрытие разрушенной активной зоны препятствовало теплоотводу. Это привело к разогреванию оставшейся части активной зоны до 2.000 °C и последующему расплаву топлива. Из горячего топлива вышли преимущественно такие лёгкие летучие нуклиды, как йод и цезий.
- **Фаза 4:** 7 мая выход радиоактивности резко прекратился. Это было неожиданно и до сих пор полностью не объяснимо. Значительное влияние в данном направлении приписывается проведённым контрмерам и образованию тяжёлых летучих соединений радионуклидов. Измеримые незначительные выходы веществ продолжались ещё в течение всего оставшегося месяца.

Вся вышедшая в атмосферу радиоактивность достигала порядка  $12 \cdot 10^{18}$  Бк. С радиоактивным облаком такие радионуклиды, как йод 131 (с периодом полураспада в восемь дней), цезий 134 (с периодом полураспада около двух лет) и цезий 137 (с периодом полураспада около 30 лет) распространялись по территории многих стран Европы. Больше всего пострадали Белоруссия, Украина и Россия. Из-за коротких периодов полураспада йод 131 и цезий 134 давно исчезли, в то время как всё ещё измеримое радиоактивное загрязнение поверхности почвы в основном сводится к влиянию цезия 137.

После аварии было срочно необходимо изолировать аварийный реакторотокружающей среды для предотвращения дальнейшего распространения высокорadioактивных веществ. Для этого в период с мая по октябрь 1986 года в жёсткие сроки и в тяжёлых общих условиях над аварийным реактором сооружалась железобетонная защитная конструкция. Из-за срочности работ



führte zu einer Aufheizung des verbliebenen Reaktorkerns auf über 2.000 °C und nachfolgendem Kernschmelzen. Aus dem heißen Brennstoff wurden überwiegend leicht flüchtige Nuklide wie Iod und Caesium freigesetzt.

- **Phase 4:** Am 7. Mai nahm die Freisetzung abrupt ab. Dies ist überraschend und bis heute nicht vollständig erklärbar. Wesentliche Einflüsse werden den Gegenmaßnahmen und der Bildung von schwer flüchtigen Verbindungen der Radionuklide zugeschrieben. Messbare geringere Freisetzungen dauerten auch noch während des restlichen Monats an.

Die gesamte in die Atmosphäre abgegebene Aktivität lag in der Größe von  $12 \cdot 10^{18}$  Bq. Mit der radioaktiven Wolke verteilten sich die Radionuklide, z. B. Iod 131 (Halbwertszeit: acht Tage), Caesium 134 (Halbwertszeit ca. zwei Jahre) und Caesium 137 (Halbwertszeit ca. 30 Jahre), über viele Länder Europas. Hauptsächlich waren Weißrussland, die Ukraine und Russland betroffen. Aufgrund der kurzen Halbwertszeiten sind Iod 131 und Caesium 134 seit Langem verschwunden, hingegen kann die immer noch messbare radioaktive Kontamination der Erdoberfläche im Wesentlichen auf Caesium 137 zurückgeführt werden.

Nach dem Unfall war es vordringlich, den zerstörten Reaktor von der Umwelt zu isolieren, um eine weitere Freisetzung hochradioaktiver Stoffe zu verhindern. Dazu wurde in der Zeit von Mai bis Oktober 1986 unter großem zeitlichem Druck und sehr schwierigen Randbedingungen eine Konstruktion aus Stahl und Beton um den zerstörten Reaktor errichtet. Wegen der Dringlichkeit blieb keine Zeit für eine detaillierte Planung. Ein Teil der Bauteile des so genannten „Sarkophags“ wurde nach üblichen ingenieurtechnischen Kriterien konzipiert und hergestellt, allerdings jedoch auf Grund der radioaktiven Strahlung vielfach fernbedient montiert, wobei die Bauteile nicht immer präzise in den vorgesehenen Positionen abgesetzt werden konnten. Auch konnten einige wesentliche Tragteile nicht wie üblich verschraubt oder verschweißt, sondern lediglich aufeinander gesetzt werden. Weiterhin wurden Bauteile des zerstörten Reaktorgebäudes, soweit diese nach dem Unfall noch brauchbar schienen, als Stützen für den oberen Teil des Sarkophags genutzt. Ein Teil der neu errichteten Baustrukturen stützt sich auf Trümmer des zerstörten Blocks ab, die zuvor planiert, eingeschalt und mit Beton verfüllt wurden. Darauf aufgesetzte Stahlkonstruktionen bildeten die Stützen für neu errichtete Bauteile. Deshalb ist heute die Standsicherheit des Bauwerks nur schwer abzuschätzen. ■

- **Phase 3 :** pendant trois-quatre jours, les rejets s'accrurent considérablement. En effet, la «couverture» placée au-dessus du cœur du réacteur détruit gênant la diffusion thermique, la température dans ce qui restait de ce cœur dépassa 2 000 °C, déclenchant une nouvelle fusion du combustible. Des radionucléides, surtout les plus volatils comme l'iode et le césium, s'échappèrent avec le combustible chaud.

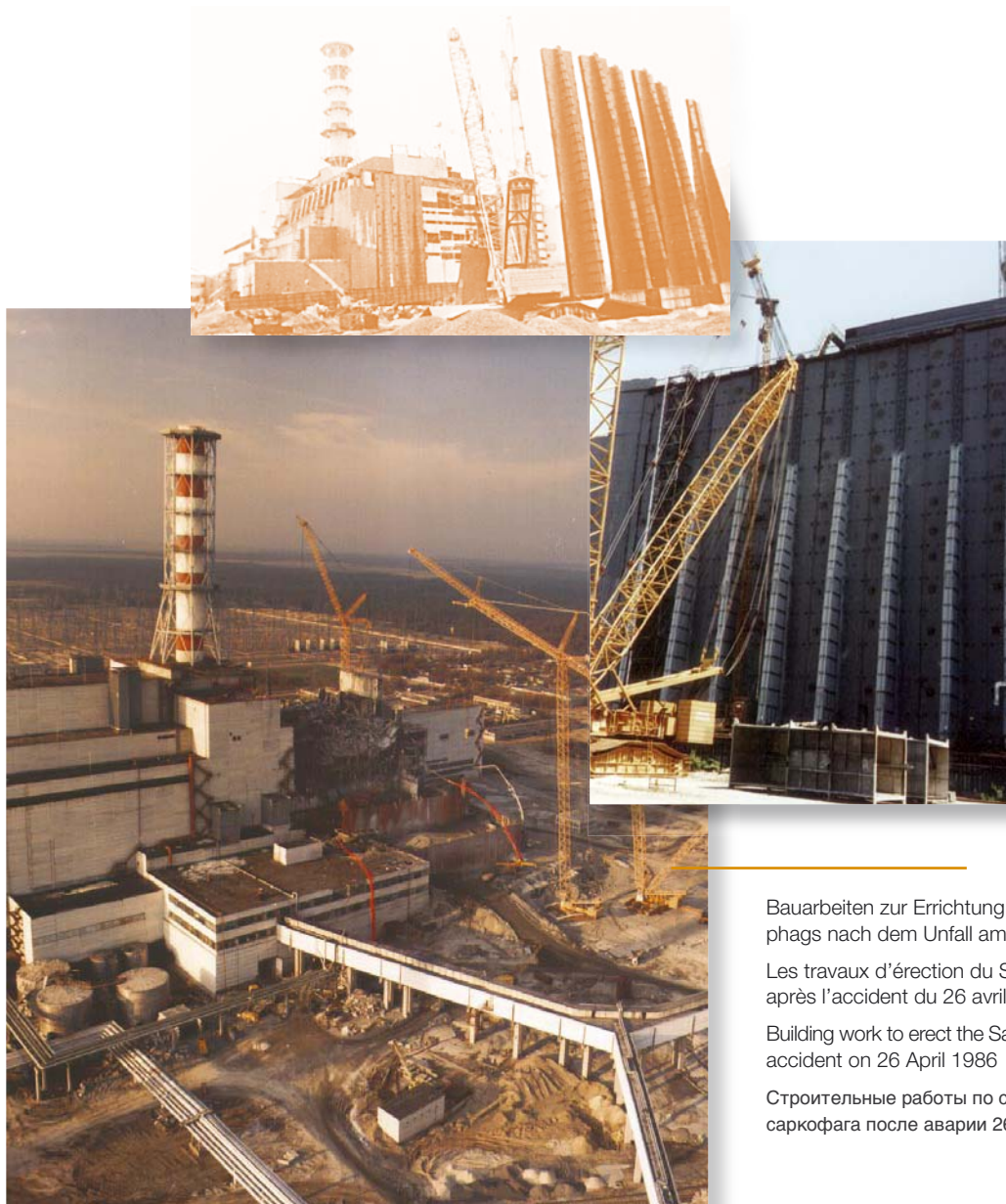
- **Phase 4 :** le 7 mai, les rejets diminuèrent brutalement. Ce phénomène surprenant demeure en partie inexpliqué à ce jour. Il semble que cela soit essentiellement dû aux mesures mises en place et à la formation de composés radionucléides moins volatils. Des faibles rejets ont continué pendant tout le mois de mai.

La radioactivité totale rejetée dans l'atmosphère a été établie à  $12 \cdot 10^{18}$  Becquerels (Bq). Le nuage radioactif a transporté des radionucléides tels que l'iode 131 (période : 8 jours), le césium 134 (période : environ deux ans) ou le césium 137 (période : environ trente ans) au-dessus de nombreux pays européens. Les pays les plus touchés ont été la Biélorussie, l'Ukraine et la Russie. En raison de leurs courtes périodes radioactives, l'iode 131 et le césium 134 ont disparu depuis longtemps. Cependant, on mesure toujours une radioactivité de surface, essentiellement attribuable au césium 137.

Après cet accident, la tâche la plus urgente a été d'isoler le réacteur détruit de son environnement pour empêcher tout nouveau rejet de matériaux très actifs. A cette fin, une structure d'acier et de béton a été érigée autour du réacteur entre mai et octobre 1986 ; ce fut une course contre la montre dans des conditions très difficiles. L'urgence de la tâche ne permettait aucune planification détaillée. Certains éléments de ce que l'on a appelé le «Sarcophage», bien que conçus et construits selon les critères d'ingénierie habituels, furent souvent assemblés à distance en raison des radiations, ce qui empêcha parfois de les disposer exactement dans la position prévue. Des structures de soutènement essentielles ne purent pas être vissées ou soudées ensemble, comme cela aurait dû être le cas ; elles furent simplement posées les unes sur les autres. En outre, des parties du bâtiment du réacteur détruit, dans la mesure où elles semblaient utiles après l'accident, furent utilisées comme supports pour la partie supérieure du «Sarcophage». Certaines structures du bâtiment nouvellement construit s'appuyaient sur les débris de la tranche détruite et avaient été prévues de manière à pouvoir être remplies par du béton. Les structures d'acier qui furent ensuite placées au sommet de cet ensemble formaient des supports pour les nouvelles parties du bâtiment construites. Ceci explique pourquoi il est aujourd'hui très difficile d'évaluer la stabilité d'ensemble de la structure du «Sarcophage». ■

was not always possible to place the parts precisely in their intended position. Also, some essential supporting structures could not be bolted or welded together as would have normally been the case; instead, they simply had to be placed on top of each other. Furthermore, parts of the destroyed reactor building – as long as they appeared to be useful after the accident – were used as supports for the upper part of the Sarcophagus. Some of the newly erected building structures rested on debris of the destroyed unit that had previously been planed, then made into hollow forms and filled with concrete. Steel structures that were subsequently placed on top of them formed the supports for newly erected building parts. This is why today the stability of the structure is very difficult to judge. ■

не оставалось времени для детального планирования. Часть сооружения так называемого „саркофага“ была спроектирована и изготовлена на основе традиционных технических критериев, хотя и смонтирована с помощью дистанционного управления по причине сильного радиоактивного излучения. При этом части сооружения не всегда достаточно точно могли быть установлены на предусмотренные позиции. К тому же некоторые важные несущие конструкции не смогли быть прикреплены или сварены, а только лишь поставлены друг на друга. Кроме того, части аварийного реакторного отделения, насколько они представлялись пригодными после аварии, послужили опорами для верхней части саркофага. Часть заново сооружённых строительных конструкций опирается на обломки разрушенного блока, которые предварительно были выравнены, заключены в опалубку и залиты бетоном. Опирающиеся на них стальные конструкции послужили опорами заново сооружённых конструкций. Поэтому стабильность данного сооружения в целом на сегодняшний день трудно поддаётся определённой оценке. ■



Bauarbeiten zur Errichtung des Sarkophags nach dem Unfall am 26. April 1986

Les travaux d'érection du Sarkophage après l'accident du 26 avril 1986

Building work to erect the Sarcophagus after the accident on 26 April 1986

Строительные работы по сооружению саркофага после аварии 26 апреля 1986 года





## Internationale Kooperation für Tschernobyl: Ursprung und Rahmen der Deutsch-Französischen Initiative

**D**er Reaktorunfall von Tschernobyl stellte die nationalen Regierungen Russlands, Weißrusslands und der Ukraine, aber auch die internationale Staatengemeinschaft vor eine Vielzahl von Fragen und Problemen:

## La coopération internationale sur Tchernobyl : origines et contexte de l'Initiative franco-allemande

**A**près l'accident du réacteur de Tchernobyl, les gouvernements russe, biélorusse et ukrainien, ainsi que la communauté internationale, ont été confrontés à de nombreuses questions et difficultés inédites relatives aux conséquences de cet accident, notamment d'un point de vue :



*Die verlassene Stadt Pripjat; im Hintergrund das Kernkraftwerk Tschernobyl.*

*La ville abandonnée de Pripjat; au fond la centrale de Tchernobyl.*

*The abandoned town of Pripjat, with the Chernobyl nuclear power plant in the background.*

*Опустевший город Припять; на заднем плане – ЧАЭС.*



*Verlassenes Bauernhaus in der 30-km-Sperrzone um das Kernkraftwerk Tschernobyl*

*Ferme abandonnée, située dans la zone d'exclusion établie dans un rayon de 30 km autour de la centrale nucléaire de Tchernobyl*

*Abandoned farmhouse in the 30-km exclusion zone around the Chernobyl nuclear power plant*

*Брошенный сельский дом в 30-километровой зоне отчуждения в окрестностях Чернобыльской АЭС*

## International Co-operation for Chernobyl: Origin and Framework of the French-German Initiative

**T**he reactor accident of Chernobyl confronted the respective national governments of Russia, Belarus and the Ukraine as well as the international community with a large number of unresolved issues and problems with regard to

## Международное сотрудничество по вопросам Чернобыля: истоки и рамки Германо-французской инициативы

**Я**дерная авария на Чернобыльской АЭС потребовала от правительств России, Белоруссии и Украины, а также международного сообщества решения целого ряда вопросов и проблем в областях





- politisch-ethische,
- energiepolitische,
- sicherheitspolitische,
- sicherheitstechnische,
- ökologische und
- medizinische

in einem bis dato unbekanntem Ausmaß. Die Regierungen Deutschlands und Frankreichs und eine Reihe anderer westlicher Staaten boten der Ukraine bei verschiedenen Gipfeltreffen ihre Zusammenarbeit und finanzielle Unterstützung an, um eine möglichst schnelle Stilllegung des Kernkraftwerks Tschernobyl zu erreichen.

## 2.1 Internationaler Kontext

Im Jahr 1995 verpflichtete sich die Ukraine, mit Unterstützung der G7-Staaten (Gruppe der sieben größten Industrienationen) und der Europäischen Union (EU), die Reaktoren des Kernkraftwerks Tschernobyl bis zum Jahre 2000 abzuschalten. Im Anschluss an diese Verpflichtung unterzeichneten die G7-Staaten, die Europäische Kommission und die Ukraine im Dezember 1995 ein „Memorandum of Understanding“, um die Außerbetriebnahme und Stilllegung des Kraftwerks zu begleiten. Die technische und finanzielle Hilfe des Westens orientierte sich an vier Prioritäten:

- wirtschaftliche Reformen und Restrukturierung des Energiesektors;
- Investitionen in den Energiesektor;
- kerntechnische Sicherheit (Sicherheit des Sarkophags um den zerstörten Block 4 und Vorbereitung der endgültigen Stilllegung der Blöcke 1, 2 und 3 des Kernkraftwerks Tschernobyl);
- soziale Begleitung der Stilllegung des Kernkraftwerks.

Zusätzlich boten die G7-Staaten beim Wirtschaftsgipfel 1997 in Denver ein Aktionsprogramm an und verpflichteten sich, die Ukraine mit erheblichen Mitteln bei der Sanierung des Sarkophags in Tschernobyl zu unterstützen. Über die Schließung des Kernkraftwerks Tschernobyl hinaus wurde der „Shelter Implementation Plan“ (SIP) zur Sanierung des Sarkophags um den zerstörten Reaktor für die G7-Staaten ein weiteres wichtiges Projekt.

Das Kernkraftwerk Tschernobyl wurde am 5. Dezember 2000 mit der Abschaltung des letzten in Betrieb befindlichen Blocks 3 endgültig stillgelegt. Aber die Folgeprobleme waren noch zu bewältigen. So mussten der Sarkophag um den zerstörten Block 4 dringend stabilisiert und die Blöcke 1 bis 3 geordnet stillgelegt werden.

- politique et éthique,
- énergétique et politique,
- politique liée à la sûreté,
- sûreté,
- écologique,
- médical.

Les problèmes rencontrés avaient une ampleur inconnue jusqu'alors. Les gouvernements allemand et français, ainsi qu'un certain nombre de pays occidentaux, ont offert leur coopération et leur soutien financier à l'Ukraine à l'occasion de plusieurs sommets internationaux, dans le but de fermer le plus rapidement possible la centrale nucléaire de Tchernobyl.

## 2.1 Contexte international

En 1995, l'Ukraine, avec le soutien des Etats du G7 (groupe réunissant les sept pays du monde les plus industrialisés) et de l'Union européenne (UE), s'est engagée à arrêter les réacteurs de la centrale nucléaire de Tchernobyl d'ici l'an 2000. Après cet engagement, les Etats du G7, la Commission européenne et l'Ukraine ont signé, en décembre 1995, un «Protocole d'accord» s'engageant à fournir une assistance pour la fermeture et la mise hors service définitive de la centrale. L'aide technique et financière de l'Occident à l'Ukraine s'est centrée sur les quatre priorités suivantes :

- les réformes économiques et la restructuration du secteur énergétique ;
- les investissements dans le secteur de l'énergie ;
- la sûreté nucléaire (la sûreté du „Sarcophage“ autour de l'Unité 4 endommagée et la préparation de la fermeture définitive des tranches 1, 2 et 3 de la centrale nucléaire de Tchernobyl) ;
- la prise en compte des aspects sociaux liés à l'arrêt définitif de la centrale nucléaire.

Au Forum économique mondial de Denver, en 1997, les Etats du G7 ont proposé un programme d'actions et se sont engagés à soutenir l'Ukraine pour la restauration du «Sarcophage» en proposant des sommes considérables à cette fin. En plus de la fermeture de la centrale nucléaire de Tchernobyl, l'instauration du projet SIP (Shelter Implementation Plan) pour la restauration du «Sarcophage» autour du réacteur détruit a été une autre initiative considérée comme très importante par les Etats du G7.

Le 15 décembre 2000, la dernière tranche de la centrale en activité (l'Unité 3) a été arrêtée et la centrale dans son ensemble a été fermée définitivement. Cependant, des problèmes consécutifs à la catastrophe sont demeurés. En particulier, le «Sarcophage» autour de l'Unité 4 devait être stabilisé de toute urgence et la mise hors service des Unités 1 et 3 devait être entreprise avec méthode.

- political and ethical
- energy-political
- safety-political
- safety-related
- ecological and
- medical

consequences to an extent unknown so far. The German and French governments as well as a number of western countries offered the Ukraine their co-operation and financial support at various summit meetings to achieve the fastest possible closure of the Chernobyl nuclear power plant.

## 2.1 International context

In 1995, the Ukraine – with the support of the G7 states (group of the seven largest industrialised nations) and the European Union (EU) – committed itself to close down the reactors of the Chernobyl nuclear power plant by the year 2000. Following this commitment, the G7 states, the European Commission and the Ukraine signed a “Memorandum of Understanding” in December 1995, pledging their assistance in the closure and decommissioning of the power plant. The West’s technical and financial aid was guided by four priorities:

- economic reforms and restructuring of the energy sector;
- energy sector investments;
- nuclear safety (safety of the Sarcophagus around the damaged Unit 4 and preparation of the final closure of Units 1, 2 and 3 of the Chernobyl nuclear power plant);
- consideration of the social aspects of the decommissioning of the nuclear power plant.

At the World Economic Summit in Denver in 1997, the G7 states additionally proposed an action programme and committed themselves to supporting the Ukraine in the restoration of the Sarcophagus in Chernobyl by providing considerable funds for this purpose. Apart from the closure of the Chernobyl nuclear power plant, the “Shelter Implementation Plan” (SIP) for the restoration of the Sarcophagus around the destroyed reactor is a further project considered highly important by the G7 states.

On 15 December 2000, the last operating unit (Unit 3) of the Chernobyl nuclear power plant was shut down and the whole plant was closed down for good. However, the consequential problems still had to be dealt with. For example, the Sarcophagus around the destroyed Unit 4 urgently had to be stabilised, and Units 1 and 3 had to be decommissioned in an orderly manner.

- политической этики,
- энергетической политики,
- политики безопасности,
- технической безопасности,
- экологии и
- медицины

в небывалом до тех пор масштабе. Правительства Германии и Франции, а также целого ряда других западных стран на различных встречах на высшем уровне предложили Украине своё сотрудничество и свою финансовую поддержку для возможно скорого закрытия Чернобыльской АЭС.

## 2.1 Международный контекст

В 1995 году Украина обязалась с поддержки стран „Большой семёрки“ (группы семи крупнейших индустриальных держав) и Европейского Союза (Евросоюза) до 2000 года снять с эксплуатации реакторы Чернобыльской АЭС. В продолжение этого в декабре 1995 года страны „Большой семёрки“, Европейской комиссии и Украины подписали „Меморандум о намерениях“ для сопровождения снятия с эксплуатации и закрытия АЭС. Техническая и финансовая поддержка западноевропейских стран ориентируется на четыре приоритетных направления:

- экономические реформы и изменение структуры энергетического сектора;
- инвестиции в энергетический сектор;
- ядерная безопасность (безопасность саркофага аварийного 4-ого блока и подготовка снятия с эксплуатации 1, 2 и 3 блоков Чернобыльской АЭС);
- регулирование социальных проблем в связи со выводом атомной станции из эксплуатации.

Кроме того, во время встречи на высшем уровне по вопросам экономики в 1997 году в Денвере страны „Большой семёрки“ предложили программу действий и обязались поддержать Украину значительными средствами для улучшения состояния саркофага в Чернобыле. Помимо закрытия Чернобыльской АЭС, ещё одним важным проектом для стран „Большой семёрки“ явился проект „Shelter Implementation Plan“ (SIP) по улучшению состояния „Укрытия“ над разрушенным реактором.

15 декабря 2000 года с отключением последнего (3-го блока) ЧАЭС была окончательно выведена из эксплуатации. Но ещё нерешёнными оставались связанные с этим проблемы. Так, например, необходимо было срочно стабилизировать саркофаг над разрушенным реактором 4-го блока и соответствующим образом вывести из эксплуатации 1-ый и 3-ий блоки.



Dieses Aktionsprogramm für Tschernobyl wurde durch weitere bilaterale und multilaterale Leistungen der G7-Staaten und der EU flankiert.

## 2.2 Start der Deutsch-Französischen Initiative

Im September 1995, einige Monate vor Unterzeichnung des Memorandums mit den G7-Staaten, rief der ukrainische Minister für Umweltschutz und Reaktorsicherheit, Juri Kostenko, alle Regierungen auf, die ukrainische Regierung wissenschaftlich, technisch und finanziell beim Aufbau eines internationalen Forschungszentrums für Nukleare Sicherheit, Radioaktive Abfälle und Radioökologie zu unterstützen. Das Hauptziel war es, Lösungen für die Folgen des Unfalls von Tschernobyl zu finden.

Die USA, Großbritannien und Japan schlossen ebenfalls Vereinbarungen mit der Ukraine mit der Perspektive ab, auf der Basis des von der ukrainischen Regierung geschaffenen nationalen Tschernobyl Zentrums (CC) ein Internationales Tschernobyl Zentrum (ICC) zu schaffen. Andere Länder, insbesondere Kanada und Italien, waren oder sind in bilaterale Projekte mit gleichem Ziel eingebunden.

Als Reaktion auf den ukrainischen Aufruf erklärten die Umweltminister Frankreichs und Deutschlands am 12. April 1996 in Wien ihre Bereitschaft, die internationale Kooperation zwischen der Ukraine, Russland und Weißrussland zur Aufarbeitung der noch ungelösten Folgeaufgaben des Unfalls durch eine **Deutsch-Französische Initiative (DFI)** zu unterstützen.

Im Juli 1997 brachten Frankreich, Deutschland und die Ukraine die DFI durch die Unterzeichnung einer Vereinbarung zwischen der GRS (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit) und ihrer französischen Partnerorganisation IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, seit 2000: IRSN, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) und dem ukrainischen Chornobyl Centre (CC) for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology (im Jahre 1996 per Dekret der ukrainischen Regierung geschaffen) in eine verbindliche Form.

Das ICC nahm im Februar 1997 seine Arbeit auf. Die Ziele des Zentrums sind Forschungsarbeiten auf den Gebieten Reaktorsicherheit, Strahlen- und Umweltschutz, Arbeiten zum Sarkophag, Stilllegung des Kernkraftwerks Tschernobyl, die Untersuchung der Radioökologie in der Sperrzone und Studien zu den gesundheitlichen Auswirkungen für das Kraftwerkpersonal und die umliegende Bevölkerung. Das Zentrum besteht aus dem Laboratory of Engineering and Technology, dem Safety Assessment Laboratory, dem International Radioecology Laboratory und dem Project Monitoring Center mit dem Hauptstandort Slawutitsch.

Am 15. Dezember 2000 unterzeichneten Deutschland und Frankreich schließlich eine Erklärung über die aktive Mitwirkung am ICC.

En plus de ce programme d'action, une aide bilatérale et multilatérale supplémentaire a été consentie par les Etats du G7 et de l'UE.

## 2.2 Genèse de l'Initiative franco-allemande

En septembre 1995, quelques mois avant la signature du Protocole avec les Etats du G7, le ministre ukrainien de la Protection de l'environnement et de la Sûreté nucléaire, Youri Kostenko, a lancé un appel à tous les gouvernements pour qu'ils apportent leur soutien scientifique, technique et financier aux autorités ukrainiennes, pour l'établissement d'un Centre international de recherche pour la sûreté nucléaire, les déchets radioactifs et la radioécologie. Ce projet devait permettre d'élaborer des solutions aux problèmes apparus après l'accident de Tchernobyl.

Les Etats-Unis, le Royaume-Uni et le Japon ont également conclu leurs propres accords avec l'Ukraine afin de créer l'International Chornobyl Centre (ICC), sur le modèle du Centre de Tchernobyl (Chernobyl Centre for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology), mis en place par le gouvernement ukrainien en 1996. D'autres pays, en particulier le Canada et l'Italie, ont participé, ou participent toujours, à des projets bilatéraux dans le même but.

Réagissant à l'appel de l'Ukraine, les ministres de l'Environnement français et allemand ont annoncé à Vienne, le 12 avril 1996, leur volonté de soutenir la coopération internationale entre l'Ukraine, la Russie et la Biélorussie, afin de travailler sur les problèmes consécutifs à l'accident et encore non résolus, en mettant en place ce qui a été appelé l'**Initiative franco-allemande (IFA)**.

En juillet 1997, la France, l'Allemagne et l'Ukraine ont donné un caractère contractuel à l'IFA par la signature d'un accord entre l'IPSN (Institut de protection et de sûreté nucléaire, devenu IRSN, Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, en 2002), son homologue allemand, la GRS, et le Centre de Tchernobyl.

L'ICC, inauguré en février 1997, se consacre à des recherches sur la sûreté nucléaire, la protection contre les radiations et la protection de l'environnement, à des travaux liés au «Sarcophage», à la mise hors service définitive de la centrale nucléaire de Tchernobyl, à la radioécologie dans la zone d'exclusion et aux effets sur la santé du personnel de la centrale et sur celle des habitants de la zone accessible autour de celle-ci. Sur son site principal, à Slawutich, le Centre comprend le Laboratory of Engineering and Technology (laboratoire d'ingénierie et de technologie), le Safety Assessment Laboratory (laboratoire d'évaluation de la sûreté), l'International Radioecology Laboratory (laboratoire international de radioécologie) et le Project Monitoring Centre (centre de suivi de projet).

Le 15 décembre 2000, la France et l'Allemagne ont signé une déclaration confirmant leur participation active à l'ICC.

Apart from this action programme, there has been additional bilateral and multilateral aid by the G7 states and the EU.

## 2.2 Birth of the French-German Initiative

In September 1995, a few months prior to the signing of the Memorandum with the G7 states, the Ukrainian Minister for Environmental Protection and Nuclear Safety, Juri Kostenko, appealed to all governments to support the Ukrainian government scientifically, technically as well as financially in the establishment of an International Research Centre for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology. The main objective was to find solutions to the problems in the wake of the Chernobyl accident.

The USA, Britain and Japan also concluded their own agreements with the Ukraine with the intention to establish an International Chernobyl Centre (ICC) on the basis of the national Chernobyl Centre (CC) set up by the Ukrainian government. Other countries, especially Canada and Italy, were or still are involved in bilateral projects with the same objective.

In reaction to the Ukrainian appeal, the Environment Ministers of France and Germany declared their willingness in Vienna on 12 April 1996 to support international co-operation between the Ukraine, Russia and Belarus in coping with the as yet unresolved consequential tasks following the accident by setting up a **French-German Initiative (FGI)**.

In July 1997, France, Germany and the Ukraine gave the FGI binding character by the signing of an agreement between GRS (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit), its French counterpart IPSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire, since 2000: IRSN, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) and the Ukrainian Chernobyl Centre (CC) for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology (established by Ukrainian government decree in 1996).

The ICC was inaugurated in February 1997. The Centre is dedicated to performing research into nuclear safety, radiation protection and environmental protection, work relating to the Sarcophagus, the decommissioning of the Chernobyl nuclear power plant, radioecology studies in the Exclusion Zone, and studies investigating the health effects on the power plant personnel and the inhabitants of the accessible zone around the plant. The Centre consists of the Laboratory of Engineering and Technology, the Safety Assessment Laboratory, the International Radioecology Laboratory and the Project Monitoring Centre with its main base at Slavutich.

Eventually, on 15 December 2000, Germany and France signed a declaration committing their active participation in the ICC.

Эта программа действий сопровождалась дальнейшей двусторонней и многосторонней поддержкой государств „Большой семёрки“ и Евросоюза.

## 2.2 Истоки Германо-французской инициативы

В сентябре 1995 года, за несколько месяцев до подписания Меморандума со странами „Большой семёрки“, министр охраны окружающей природной среды и ядерной безопасности Украины Юрий Костенко призвал все правительства оказать правительству Украины научную, техническую и финансовую поддержку для создания Международного центра по проблемам ядерной безопасности, радиоактивных отходов и радиоэкологии. Главной целью был поиск решений проблем для преодоления последствий чернобыльской аварии.

США, Великобритания и Япония также заключили договорённости с Украиной с целью создания Международного Чернобыльского центра (МЧЦ) на основе созданного украинским правительством национального Чернобыльского центра (ЧЦ). С той же целью в работу в рамках двусторонних проектов вовлекались или вовлекаются и другие страны, в особенности Канада и Италия.

В ответ на обращение украинского правительства министры окружающей среды Франции и Германии заявили в Вене 12 апреля 1996 года о своей готовности поддержать международное сотрудничество между Украиной, Россией и Белоруссией по решению проблем преодоления последствий чернобыльской аварии с помощью Германо-французской инициативы (ГФИ).

В июле 1997 года Франция, Германия и Украина придали Германо-французской инициативе форму обязательства, подписав Соглашение между немецкой организацией GRS (Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit - Обществом технической и ядерной безопасности), её французской партнёрской организацией IPSN (IRSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire - Институтом по защите и ядерной безопасности, с 2000 г. IRSN: Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire - Институтом по радиационной защите и ядерной безопасности) и Чернобыльским Центром по проблемам ядерной безопасности, радиоактивных отходов и радиоэкологии (созданным в 1996 году постановлением украинского правительства).

В феврале 1997 г. МЧЦ начал свою работу. Целями центра являются исследования в области ядерной безопасности, радиационной и экологической защиты, работы по саркофагу, закрытию Чернобыльской АЭС, исследования по радиоэкологии в зоне отчуждения и исследования последствий катастрофы для здоровья персонала АЭС и окружающего населения. В состав Центра входят Лаборатория инженерных разработок и технологий, Лаборатория анализа безопасности, Международная радиоэкологическая лаборатория и Центр мониторинга проектов с штабквартирой в Славутиче.

15 сентября 2000 года Германия и Франция подписали заявление об активном участии в работе Международного Чернобыльского центра.



## 2.3 Ziele der Deutsch-Französischen Initiative

Seit der Reaktorkatastrophe wurden zahlreiche Studien in den betroffenen Republiken der ehemaligen UdSSR durchgeführt. Sie wurden oft ohne wirkliche Koordinierung teils mit, teils ohne Beteiligung internationaler Institutionen oder Organisationen und westlicher Wissenschaftler verwirklicht. Einige wurden niemals veröffentlicht, andere haben nur zusammenhanglose und z. T. sogar widersprüchliche Ergebnisse in Bezug auf die ökologischen und gesundheitlichen Folgen der Katastrophe vom 26. April 1986 hervorgebracht.

Daher war es unabdingbar, alle Kenntnisse zusammenzufassen, zu bewerten und zu verifizieren, um die Kohärenz der Aktionen kurz-, mittel- und langfristig herzustellen und zu garantieren. Nur so kann die aus dem Unfall resultierende Gesamtsituation beherrscht und verbessert werden.

Das wesentliche Ziel der DFI war es daher, die bestehenden Daten zu sammeln, zu bewerten und zu verifizieren sowie in elektronischer Form bereitzustellen, um eine sichere und objektive Datenbasis für die Planung und Durchführung von zukünftigen Schutz- und Sanierungsmaßnahmen, zur Information der Öffentlichkeit und für spätere wissenschaftliche Arbeiten zu erstellen.

Dazu finanzierten Frankreich und Deutschland im Rahmen der DFI drei Programme:

- **Programm 1:** Sicherheitszustand des Sarkophags,
- **Programm 2:** Untersuchung der radioökologischen Folgen,
- **Programm 3:** Untersuchung der gesundheitlichen Auswirkungen.

Im Rahmen der o. g. Vereinbarung organisierten GRS und IRSN im Auftrag der Regierungen und der Stromversorger Deutschlands und Frankreichs die Unterstützung für ukrainische, russische und weißrussische Organisationen zur Durchführung wissenschaftlicher Projekte in den drei Programmen.

## 2.4 Organisation und Finanzierung der Deutsch-Französischen Initiative

Die allgemeine Organisation der Deutsch-Französischen Initiative beruhte auf dem Prinzip: ein separates Management für jedes Programm.

### 2.4.1 Steuerungskomitee

Ein Steuerungskomitee kontrollierte die Einhaltung der generellen Zielrichtung der Initiative. Im Rahmen der drei Programme war es für die Kohärenz aller Projekte verantwortlich, für die es das Programm, die Planung und das Budget beschloss. Es verfolgte deren Umsetzung und die Gesamtkoordination.

## 2.3 Objectifs de l'Initiative franco-allemande

Depuis la catastrophe de Tchernobyl, le 26 avril 1986, de nombreuses études ont été menées sur les conséquences de l'accident dans les anciennes républiques de l'ex-URSS. Elles ont été réalisées avec ou sans la participation d'instances internationales et d'experts scientifiques de pays occidentaux, souvent sans réelle coordination. Certaines de ces études n'ont jamais été diffusées, d'autres ont fait émerger des résultats épars, hétérogènes, voire contradictoires quant à la portée écologique et sanitaire de cet accident.

Pour établir et garantir la cohérence des actions à court, moyen et long terme, il était indispensable de rassembler, d'évaluer et de valider l'ensemble des connaissances sur la question. Cela constituait le seul moyen de contrôler et d'améliorer la maîtrise d'ensemble de la situation résultant de l'accident de Tchernobyl.

L'objet principal de l'IFA a donc été de collecter, d'évaluer et de valider les données existantes et de les rendre disponibles sous forme numérique, afin de constituer une base d'informations sûre et objective, utile non seulement à la planification et à la mise en place de mesures de protection et de contre-mesures, mais aussi à l'information du public et aux travaux scientifiques ultérieurs.

A cette fin, la France et l'Allemagne ont financé trois programmes spécifiques :

- **Programme 1 :** Etat et sûreté du "Sarcophage"
- **Programme 2 :** Etude des conséquences radioécologiques
- **Programme 3 :** Etude des effets sanitaires

Dans le cadre de cet accord, la tâche de la GRS et de l'IRSN a été de fournir une assistance méthodologique aux organisations ukrainiennes, russes et biélorusses dans la mise en œuvre de projets scientifiques menés pour les trois programmes.

## 2.4 Organisation et financement de l'Initiative franco-allemande

L'organisation générale de l'IFA a été fondée sur le principe d'une gestion séparée pour chacun des trois programmes.

### 2.4.1 Le comité directeur

Un comité directeur a été mis en place pour contrôler l'orientation générale de l'Initiative. Dans le cadre des trois programmes, il a été chargé de la cohérence entre tous les projets, en prenant des décisions quant à leurs actions, leurs calendriers et leurs budgets. A ce titre, il a surveillé l'état d'avancement de ces projets et assuré la coordination générale.



## 2.3 Objectives of the French-German Initiative

Since the catastrophic reactor accident, numerous studies have been performed dealing with the consequences of the accident in the former USSR republics affected. They were often carried out without any real co-ordination, sometimes with and sometimes without any involvement of international bodies or organisations and Western scientists. Some studies were never published, others produced only incoherent, heterogeneous and sometimes even contradictory results with regard to the ecological and health consequences of the catastrophe on 26 April 1986.

It was therefore indispensable to gather, assess and verify all the knowledge available to establish and ensure coherence of the actions in the short, medium and long run. This was the only way to control and improve the overall situation ensuing from the accident.

The major objective of the FGI was therefore to collect the existing data, to assess and verify them and to provide them in electronic form to allow the creation of a reliable and objective information basis for the planning and implementation of future protection and restoration measures, for the information of the general public, and for later scientific work.

Towards this end, France and Germany financed three programmes:

- **Programme 1:** Safety status of the Sarcophagus;
- **Programme 2:** Study of the radioecological consequences;
- **Programme 3:** Study of the health effects.

The task of GRS and IRSN within the framework of this agreement and by order of the French and German national governments and power utilities was to provide methodical assistance to Ukrainian, Russian and Belarusian organisations in the execution of scientific projects carried out as parts of the three programmes.

## 2.4 Organisation and financing of the French-German Initiative

The general organisation of the French-German Initiative was based on the principle: separate management for each separate programme.

### 2.4.1 Steering committee

A Steering Committee kept watch over the general orientation of the Initiative. Within the framework of the three programmes, it was responsible for ensuring coherence among all projects, deciding on their programmes, schedules, and budgets. It monitored their realisation and provided general co-ordination.

## 2.3 Цели Германо-французской инициативы

После ядерной катастрофы в пострадавших республиках бывшего СССР проводились многочисленные исследования последствий аварии. Зачастую их реализация не была скоординирована и проходила как с участием, так и без участия международных организаций и западных учёных. Результаты некоторых исследований так и не были опубликованы, другие же исследования предлагали разрозненные и даже частично противоречивые сведения о воздействии аварии 26 апреля 1986 года на экологию и здоровье людей.

Поэтому совершенно необходимо было собрать воедино, оценить и проверить все полученные сведения, чтобы достичь и гарантировать согласованность дальнейших действий на короткий, средний и длительный сроки. Только так можно преодолеть и улучшить сложившуюся после аварии общую ситуацию.

Поэтому дальнейшей целью ГФИ стали сбор, оценка и проверка существующих данных, а также их компьютерная обработка для создания достоверной и объективной базы данных для планирования и проведения дальнейших защитных и восстановительных мероприятий, для информации общественности и будущих научных работ.

Для этой цели Франция и Германия в рамках ГФИ финансируют три программы:

- **Программа 1:** Безопасность Саркофага;
- **Программа 2:** Изучение радиоэкологических последствий аварии
- **Программа 3:** Воздействие на здоровье людей

В рамках вышеупомянутого Соглашения GRS и IRSN по поручению правительств и энергопроизводящих компаний Германии и Франции организуют поддержку для украинских, российских и белорусских организаций при реализации научных проектов в рамках трёх программ сотрудничества.

## 2.4 Организация и финансирование Германо-французской инициативы

Общая организация Германо-французской инициативы основывается на принципе отдельного менеджмента для каждой программы.

### 2.4.1 Руководящий комитет

Руководящий комитет контролирует соблюдение общей цели инициативы. В рамках трёх программ он отвечал за согласованность всех проектов, для которых он утверждал программы, планирование и бюджет, и прослеживал их выполнение и общую координацию.



Das Steuerungskomitee bestand aus Vertretern der GRS und des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft – VDEW e.V. für Deutschland, des IRSN und der EDF (Electricité de France) für Frankreich sowie des Tschernobyl-Zentrums für die Ukraine. Je ein Platz war für Vertreter weißrussischer und russischer Institutionen vorgesehen. Das Steuerungskomitee trat mindestens zweimal im Jahr zusammen.

#### 2.4.2 Projekt-Lenkungsausschüsse

In jedem der drei Programme der Initiative war ein Projekt-Lenkungsausschuss (Project Review Group) für die Lenkung und Aufsicht über alle Projekte verantwortlich, d. h., für die Festlegung des Inhalts des Arbeitsprogramms, die Planung, das Budget, die Durchführung, die Qualitätssicherung, den Abschluss und die Bewertung aller Arbeiten.

Jeder Projekt-Lenkungsausschuss bestand aus einem Projektleiter und seinem Stellvertreter (von GRS oder von IRSN) und einem vom Tschernobyl-Zentrum bestimmten ukrainischen Koordinator.

Jedes Projekt im Rahmen der o. g. Programme wurde durch einen gesonderten Vertrag geregelt, der zwischen IRSN, GRS, dem Tschernobyl-Zentrum und einem ukrainischen, weißrussischen oder russischen Institut (Unterauftragnehmer) abgeschlossen wurde. Die lokalen wissenschaftlichen Institute waren für die technischen Aspekte der Projekte, die sie durchführten, verantwortlich und erhielten Unterstützung von den deutschen und französischen Institutionen.

#### 2.4.3 Finanzierung

Die Deutsch-Französische Initiative wurde von den Regierungen sowie von der französischen EDF und des deutschen VDEW finanziert. Die drei Programme waren mit einem Budget von insgesamt sechs Millionen Euro, d. h., zwei Millionen Euro je Programm, ausgestattet.

- 70 % des Budgets waren für die Arbeit der östlichen Institute bestimmt.
- 10 % des Budgets gingen an das Tschernobyl-Zentrum:
  - zur Hälfte für Betriebskosten (Koordinierungsausgaben, administrative Unterstützung, Übersetzungen, Kommunikation, Transport, Bereitstellung von Räumen etc.),
  - die andere Hälfte für Ausrüstung und Material.
- 20 % des Budgets dienten zur Finanzierung der wissenschaftlich-technischen Leitung und des Projekt-Managements, das von GRS und IRSN gestellt wurde. ■

Au moins deux fois par an, le comité directeur a réuni les représentants de la GRS et de la VDEW (Association allemande du service public de l'énergie) pour l'Allemagne, de l'IRSN et de l'EDF (Electricité de France) pour la France, ainsi que du Centre de Tchernobyl, pour l'Ukraine. Lors de ces réunions, un siège était réservé à chacun des représentants des institutions russes et biélorusses concernées.

#### 2.4.2 Les groupes de suivi de projet

Pour chacun des trois programmes, un groupe de suivi de projet a été chargé du contrôle et de la supervision de toutes les actions associées à chaque programme, en particulier la définition du contenu du programme, sa planification, son budget, son exécution, son état d'avancement, mais aussi l'évaluation des résultats, notamment dans le cadre de l'assurance de la qualité.

Chaque groupe de suivi de projet était composé d'un chef de projet et de son adjoint (membres de la GRS ou de l'IRSN) ainsi que d'un coordinateur ukrainien nommé par le Centre de Tchernobyl.

Chaque projet mis en place pour les trois programmes précités a donné lieu à des accords spécifiques entre l'IRSN, la GRS, le Centre de Tchernobyl et les instituts ukrainiens, biélorusses et russes concernés (en qualité de sous-traitants). Les instituts scientifiques locaux ont été chargés de la partie technique de leurs projets et ont reçu le soutien des organismes français et allemands.

#### 2.4.3 Le financement

L'IFA a été financée par les gouvernements des deux pays, ainsi que par EDF pour la France et la VDEW pour l'Allemagne. Les trois programmes étaient dotés de six millions d'euros au total, soit deux millions pour chaque programme :

- 70 % du budget était réservé au financement du travail des instituts d'Europe de l'Est ;
- 10 % du budget était destiné au Centre de Tchernobyl :
  - la moitié a été utilisée pour payer les frais généraux (coordination, soutien administratif, traduction, communication, transport, logement, etc.)
  - l'autre moitié a servi pour acheter de l'équipement et des fournitures.
- 20 % du budget était alloué au financement des équipes de suivi de projet. ■

The Steering Committee consisted of representatives of GRS and the German Electricity Association (VDEW) for Germany, of IRSN and EDF (Electricité de France) for France, and of the Chernobyl Centre for the Ukraine. One seat each was kept for the representatives from the respective Belarusian and Russian institutions. At least twice a year, the Steering Committee came together.

#### 2.4.2 Project Review Groups

For each of the three Programmes, a Project Review Group was responsible for the controlling and supervision of all projects, i. e. for the definition of the content of the work programme, planning, budgeting, execution, quality assurance, completion and assessment of all activities.

Each Project Review Group consisted of a project manager, his/her deputy (either from GRS or IRSN) and a Ukrainian coordinator appointed by the Chernobyl Centre.

For each project within the framework of the above-mentioned programmes, specific agreements were concluded between IRSN, GRS, the Chernobyl Centre and the respective Ukrainian, Belarusian or Russian institute (sub-contractor). The local scientific institutes were responsible for the technical part of their projects and received support from the German and French institutions.

#### 2.4.3 Financing

The French-German Initiative was financed by the two governments and by the French EDF and the German VDEW. The three programmes had a total budget of 6 million euros, i. e. two million euros for each programme.

- 70 % of the budget was earmarked for financing the work of East-European institutes.
- 10 % of the budget went directly to the Chernobyl Centre:
  - half was for overheads (co-ordination, administrative support, translation, communication, transport, provision of accommodation, etc.)
  - the other half was for equipment and materials.
- 20 % of the budget was allocated to the financing of scientific-technical management and for project management, provided by GRS and IRSN. ■

Руководящий комитет состоял из представителей GRS и VDEW (Объединение немецких электростанций) от Германии и IRSN и EDF (Electricité de France) от Франции, а также Чернобыльского центра от Украины. Предусмотрено было также участие представителей от белорусских и российских организаций. Руководящий комитет собирался не менее двух раз в год.

#### 2.4.2 Комитеты управления проектами

Для каждой из трёх программ инициативы свой комитет управления (Project Review Group) отвечает за управление и надзор за всеми проектами, то есть за определение содержания рабочей программы, планирование, бюджет, реализацию, обеспечение качества, завершение и оценку всех работ.

Каждый комитет управления проектом состоял из руководителя проекта и его заместителя (по одному от GRS или от IRSN) и одного, назначенного Чернобыльским центром, украинского координатора.

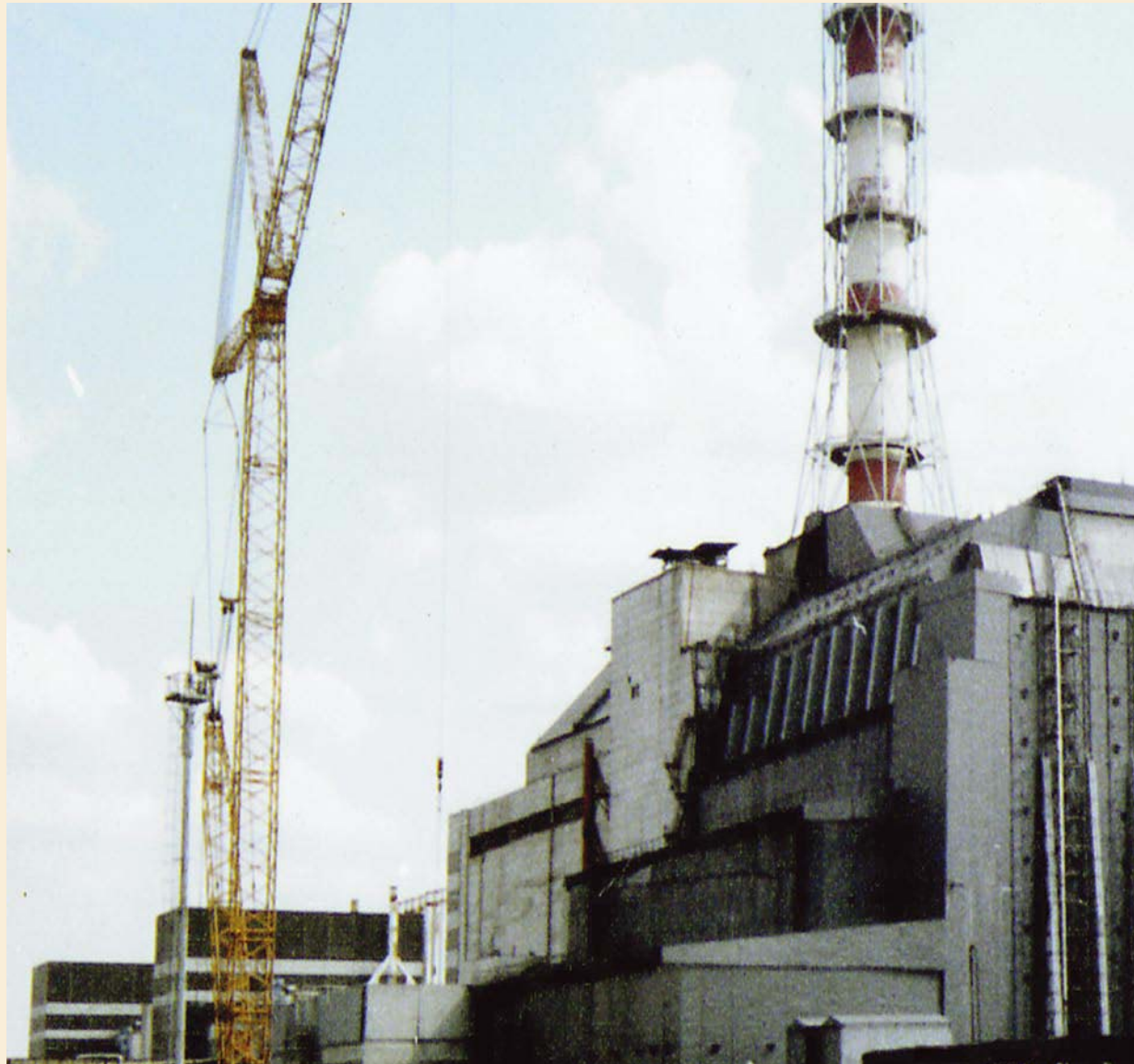
Каждый проект в рамках вышеуказанных программ регулировался особым соглашением, заключённым между IRSN, GRS, Чернобыльским центром и украинским, белорусским и российским институтом (подрядчиком). Местные научные институты отвечали за технические аспекты проектов, которые они выполняли, пользуясь поддержкой от немецких и французских организаций.

#### 2.4.3 Финансирование

Германо-французская инициатива финансировалась правительствами, а также французской (EDF) и немецкой (VDEW) энергопроизводящими компаниями. Три вышеназванные программы были обеспечены бюджетом на общую сумму в шесть миллионов евро, то есть по два миллиона на каждую программу.

- 70 % бюджета предназначались для работы восточных организаций.
- 10 % бюджета направлялись Чернобыльскому центру:
  - половина – на производственные издержки (координирование, административную поддержку, переводы, коммуникацию, транспортные расходы, предоставление помещений и т. п.)
  - другая половина – на оборудование и материалы.
- 20 % бюджета служили финансированию научно-технического руководства и менеджмента проекта, которое обеспечивалось GRS и IRSN. ■





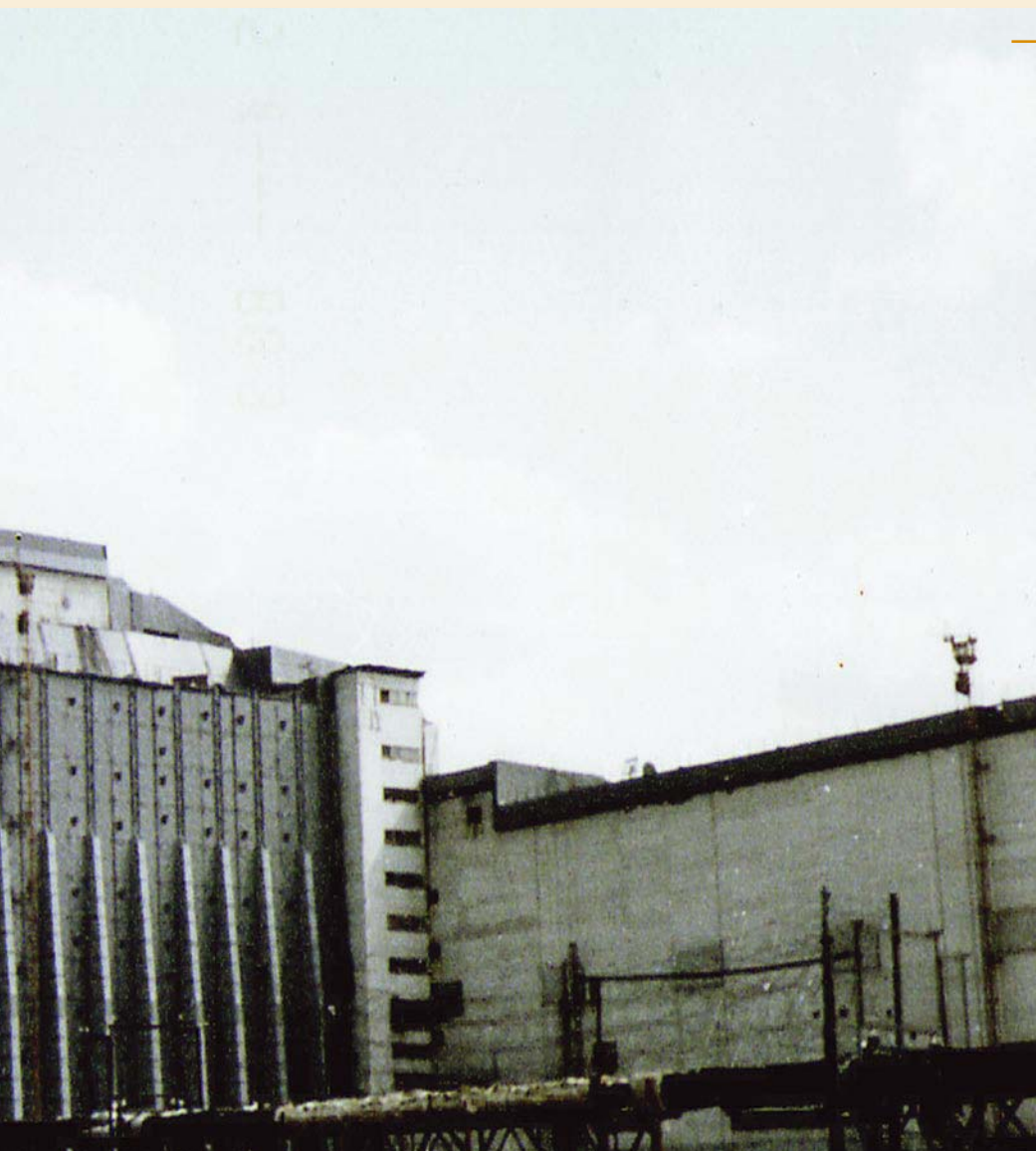
## Das Programm „Sicherheitszustand des Sarkophags“

Das Ziel des Programms bestand darin, alle verfügbaren sicherheitsrelevanten Kenntnisse über den Sarkophag zu sammeln, zu verifizieren und zu bewerten sowie in einer umfassenden Datenbank zusammenzustellen.

## Le programme sur l'état et la sûreté du «Sarcophage»

L'objectif de ce programme a été de recueillir, de vérifier et d'évaluer toutes les informations disponibles sur le «Sarcophage» et de les enregistrer dans une base de données exhaustive (BD «sûreté du Sarcophage»).





*Der Sarkophag um den zerstörten Block 4*

*Le «Sarcophage» autour de l'Unité 4 détruite*

*The Sarcophagus around the destroyed Unit 4*

*Саркофаг над разрушенным 4-ым блоком*

## The Programme “Safety status of the Sarcophagus”

The objective of the programme was to collect, verify and assess all available information on the Sarcophagus and to compile it in a comprehensive database.

## Программа „Безопасность Саркофага“

Цель программы состояла в сборе, проверке и оценке всех доступных важных для безопасности сведений об Укрытии, а также их представление в комплексной базе данных.





Aufgabe des Programms „Sicherheitszustand des Sarkophags“, war es daher, alle Kenntnisse auf den Gebieten des bautechnischen Zustandes vor und nach dem Unfall, des Zustandes aller Systeme und Ausrüstungen im Sarkophag, der radiologischen Situation innerhalb der etwa 1.000 Räume des Sarkophags, des Zustandes des nuklearen Brennstoffs in seinen veränderten Modifikationen und der radiologischen Situation am Standort außerhalb des Sarkophags zu sammeln, zu verifizieren und in elektronischer Form in einer speziell dafür entwickelten Datenbank bereitzustellen. Damit sollte eine sichere und objektive Informationsbasis für die Bewertung des gegenwärtigen sicherheitstechnischen Zustandes des Sarkophags und für die Planung und Durchführung von zukünftigen Schutz- und Sanierungsmaßnahmen sowie für andere Anwendungen geschaffen werden. Nur mit diesen Kenntnissen wird es möglich sein, die notwendigen Stabilisierungsarbeiten sicher durchzuführen, ein neues sicheres Confinement (NSC) zu errichten, radioaktive Stoffe zu bergen, zu transportieren, zwischenzulagern, zu behandeln und endzulagern.

Das Programm wurde am 1. Mai 1998 nach einem Jahr Vorbereitungszeit gestartet und hatte eine Laufzeit von drei Jahren.

### 3.1 Struktur und Partner des Programms

Das Programm wies die folgenden Schwerpunktaufgaben auf, die im Rahmen von Unteraufträgen von folgenden ukrainischen und russischen Partnern bearbeitet wurden:

- Baukonstruktionen: Staatliches Wissenschaftliches Institut für Baukonstruktionen (NIISK), Kiew,
- Systeme und Ausrüstungen: NIISK, gemeinsam mit KKW Tschernobyl, Objekt Einschluss (CNPPOS), Tschernobyl,
- Strahlungssituation im Sarkophag: Russisches Wissenschaftliches Zentrum „Kurtschatow-Institut“ (RRCKI) gemeinsam mit CNPPOS,
- brennstoffhaltige Materialien und radioaktive Abfälle: RRCKI,
- Strahlungssituation und Kontaminationen am Standort: Interdisziplinäres Wissenschaftliches und Technisches Zentrum „Einschluss“ (ISTC), Tschernobyl,
- Datenbank, GIS Navigation System und Datenintegration: JV Ecological Communication Corporation (ECOMM), Kiew.

Nach Abstimmung der detaillierten Aufgabenstellung und Abschluss der Verträge für die Unteraufträge lag die Verantwortung für die inhaltliche Bearbeitung und die Qualitätssicherung bei den örtlichen Partnern.

Die Zuständigkeiten für das Projektmanagement sowie für die Überwachung des Programms der Qualitätssicherung lagen bei GRS mbH (Projektleitung) und dem IRSN (stellvertretende Projektleitung).

Ces informations ont concerné l'état des structures avant et après l'accident, l'état de tous les systèmes et équipements existant ou mis en place (après l'accident) à l'intérieur du «Sarcophage», l'état du combustible nucléaire modifié par l'accident et la situation radiologique dans les quelques 1 000 salles de l'édifice ainsi qu'autour du Sarcophage. Mises en forme dans une base de données spécifiquement conçue et développée pour créer une banque d'informations fiable et objective, ces informations doivent servir pour l'évaluation de l'actuel état et de la sûreté du «Sarcophage», mais aussi pour la planification et la mise en oeuvre des futures mesures de protection et de restauration de ce «Sarcophage». En effet, c'est seulement grâce à cet ensemble de connaissances qu'il sera possible de mener à bien, dans des conditions sûres, les nécessaires travaux de stabilisation du «Sarcophage», d'ériger un nouvel édifice autour de celui-ci (dénommé «New Safe Confinement (NSC)»), ainsi que de récupérer, de transporter, de stocker, de traiter et d'éliminer, de façon sûre, toutes les matières radioactives considérées comme déchets nucléaires.

Après une année de préparation, le coup d'envoi du programme «Sarcophage» a été donné le 1<sup>er</sup> mai 1998, pour une durée de trois ans.

### 3.1 Structure du projet et partenaires associés

Les principales tâches associées au programme «Sarcophage» et les partenaires ukrainiens et russes sous-traitants ont été les suivants :

- Ingénierie civile : Institut de recherche d'Etat en ingénierie civile (NIISK), Kiew ;
- Systèmes et équipement : NIISK, en partenariat avec la centrale nucléaire de Tchernobyl, „Object Shelter“ (CNP-POS), à Tchernobyl ;
- Situation radiologique à l'intérieur du Sarcophage : Institut Kurchatov (RRCKI), centre de recherches russe situé à Moscou, en partenariat avec le CNPPOS ;
- Matières contenant du combustible et déchets radioactifs : RRCKI ;
- Situation radiologique et contamination sur le site : Centre scientifique et technique interbranches „Shelter“ (ISTC), Tchernobyl ;
- Base de données, système de navigation et intégration des données : ECOMM, Kiew.

Outre la coordination des tâches détaillées et la conclusion des contrats de sous-traitance, les partenaires d'Europe de l'Est ont été chargés de la mise en œuvre technique et de l'assurance de la qualité des travaux qui leur avaient été confiés.

GRS (management du projet) et l'IRSN (adjoit au management du projet) ont été chargés de la gestion du projet et de la supervision du programme d'assurance de la qualité.

The aim of the Programme dedicated to the “Safety status of the Sarcophagus” was therefore to collect and verify all the information available on the structural condition before and after the accident, the condition of all systems and equipment inside the Sarcophagus, the radiological situation within the 1,000 or so Sarcophagus rooms, the condition of the modified nuclear fuel, and the radiological situation at the site outside the Sarcophagus. This information was then to be provided in the form of a specially developed database in order to create a reliable and objective information basis for the assessment of the current safety status of the Sarcophagus and for the planning and execution of future protection and restoration measures as well as for other applications. Only with this knowledge will it be possible to carry out the necessary stabilisation work under safe conditions, erect a New Safe Confinement (NSC), and safely retrieve, transport, store, treat and dispose of any radioactive materials.

Following a year of preparation, the Programme was started on 1 May 1998 and ran for three years.

### 3.1 Project structure and partners

The programme involved the following main tasks that were executed by the following subcontracted Ukrainian and Russian partners:

- Civil engineering: State Research Institute for Civil Engineering (NIISK), Kiev
- Systems and equipment: NIISK, together with Chernobyl NPP, Object Shelter (CNPPOS), Chernobyl
- Radiological situation inside the Sarcophagus: Russian Research Centre Kurchatov Institute (RRCKI), Moscow, together with CNPPOS
- Fuel-containing materials and radioactive waste: RRCKI
- Radiological situation and contamination at the site: Inter-branch Scientific and Technical Centre "Shelter" (ISTC), Chernobyl
- Database, GIS navigation system and data integration: JV Ecological Communication Corporation (ECOMM), Kiev.

After the co-ordination of the detailed tasks and conclusion of the subcontracts, responsibility for technical implementation and quality assurance lay with the Eastern partners.

Responsibility for project management and for supervision of the quality assurance programme lay with GRS mbH (project management) and the IRSN (deputy project management).

The Ukrainian Automaudit (AA) company was commissioned as additional partner to deal with selected aspects of the quality assurance of the different subcontractors' contributions.

The Chernobyl Center (CC) acted as direct local project co-ordinator and was also the beneficiary of all results.

Задачей программы „Безопасность Саркофага“ заключалась в учёте, проверке и компьютерной обработке всех сведений по состоянию строительных сооружений до и после аварии, состоянию всех систем и оборудования саркофага, радиационной обстановке внутри примерно 1000 помещений саркофага, состоянию ядерного топлива в изменённой модификации и радиационной обстановке на площадке саркофага, и их представлению в электронной форме в специальной базе данных для создания достоверной и объективной информационной базы для оценки текущего состояния саркофага, и планирования и проведения будущих защитных и восстановительных мероприятий, а также для её дальнейшего применения. Только на основе этих знаний станет возможным провести необходимые стабилизирующие мероприятия, соорудить новое безопасное укрытие (НБУ), извлечь, вывезти радиоактивные материалы, обеспечить их временное хранение, обработку и захоронение.

Данная Программа была начата 1 мая 1998 года после года подготовки. Её отдельные проекты осуществлялись субподрядчиками в трёхлетний срок.

### 3.1 Структура и партнёры Программы

Программа осуществлялась по следующим направлениям, которые разрабатывались ниженазванными украинскими и российскими организациями:

- по вопросам строительных конструкций: Государственным научно-исследовательским институтом строительства, Киев (НИИСК),
- по вопросам систем и оборудования: НИИСК совместно с ПО ЧАЭС, объект „Укрытие“, Чернобыль,
- по вопросам радиационной обстановки в Укрытии: РНЦ „Курчатовский институт“ (РНЦ КИ) совместно с ПО ЧАЭС, объект „Укрытие“;
- по вопросам топливосодержащих масс и радиоактивных отходов: РНЦ КИ,
- по вопросам радиологической обстановки и загрязнению в зоне Укрытия: Межотраслевым научно-техническим центром „Укрытие“ (МНТЦ) в Чернобыле,
- по конфигурации базы данных, геоинформационной системе GIS и интегрированию данных: JV Ecological Communication Corporation (ECOMM), Киев.

После согласования подробных задач и заключения договоров по субподрядам ответственность за содержание работ и обеспечение качества возлагалась на местные партнёрские организации.

Менеджмент проектов, а также мониторинг программ обеспечения качества был в компетенции GRS мБХ (руководство проектом) и IRSN (замещение руководства проектом).



Die ukrainische Firma Automaudit (AA) war zusätzlich als unabhängiger Partner für ausgewählte Aspekte der Qualitätssicherung der Beiträge der verschiedenen Unterauftragnehmer vertraglich verpflichtet worden.

Das Tschernobyl-Zentrum (Chornobyl Centre – CC) führte die Aufgaben der unmittelbaren lokalen Projektkoordination aus und war Hauptnutzer (Beneficiary) aller Resultate.

### 3.2 Datenerhebung und -aufbereitung

Seit 1986 wurden große Mengen an wissenschaftlich-technischen Daten über den Sarkophag ohne zentrale Koordinierung erhoben. Einige wurden niemals veröffentlicht, andere haben nur ungeprüfte oder begrenzte Ergebnisse in Bezug auf den Sarkophag und sein Inventar hervorgebracht.

Weiterhin lagen die Ergebnisse in unterschiedlicher Form vor: handschriftlich, Papierdokumente, elektronische Dokumente sowie als Film- oder Bildmaterial. Dieser gemischte Datenbestand wurde jedoch nicht zentral gesammelt, bewertet und aufbereitet. Eine optimale Verwaltung und direkte Verfügbarkeit dieser Informationen mit Hilfe moderner, rechnergestützter Methoden war somit nicht möglich.

Daher wurden in einem ersten Schritt alle bekannten Dokumente bewertet und nur diejenigen für die weiteren Arbeiten ausgewählt, die vertrauenswürdige Daten zum Sicherheitszustand des Sarkophags enthielten und verfügbar waren. Die charakteristischen Merkmale dieser Dokumente wurden in einer Bibliothek zusammengefasst.

In einem weiteren Schritt wurden die alphanumerischen und multimedialen Daten dieser Dokumente gesichtet und klassifiziert. Entsprechend der Quantität und Qualität der Gesamtheit aller Daten wurden für den jeweiligen Aufgabenschwerpunkt zwischen dem verantwortlichen Unterauftragnehmer und ECOMM Eingabemasken entwickelt. Diese Eingabemasken erleichterten die einheitliche und konsistente Datenerfassung durch den Unterauftragnehmer und die Qualitätssicherung. Danach erfolgte die elektronische Aufbereitung und Eingabe der betreffenden Daten in die Eingabemasken, die Übergabe an ECOMM und die Integration in die Datenbank.

Parallel dazu wurden von ECOMM die Datenbank, ein multifunktionaler GIS-Navigator (Geografisches Informationssystem) zur schnellen Suche, Verwaltung und Darstellung der Daten entwickelt.

Grundsätzlich wurden sowohl die Datenbank als auch sämtliche Dateneinträge in Englisch und in Russisch erstellt.

Bereits während der Eingabe der Daten in die Eingabemasken wurden die Informationen auf ihre Plausibilität geprüft: So wurde beispielsweise kontrolliert, ob eine Probenart (fest, flüssig, gasförmig) mit der Probenahme und der Maßeinheit korreliert. Neben dem eigentlichen Messwert und seiner Maßeinheit wurden auch alle Sekundärinformationen, wie der Fehler des Messwerts, die Messmethode, die ausführende Institution, das verwendete Messgerät und andere Parameter in die Datenbank übernommen.

L'entreprise Ukrainian Automaudit (AA) a été désignée comme partenaire supplémentaire pour s'occuper de certains aspects relatifs à l'assurance de la qualité pour les travaux réalisés par les sous-traitants.

Le Centre de Tchernobyl a fait office de coordinateur de projet au niveau local. C'est également, au final, le bénéficiaire désigné concernant tous les résultats.

### 3.2 Acquisition et traitement des données

Depuis 1986, d'énormes quantités de données scientifiques et techniques sur le «Sarcophage» et son contenu ont été recueillies, sans aucune coordination centralisée. Certaines n'ont jamais été publiées, d'autres ne contenaient que des informations limitées ou non vérifiées.

En outre, les données avaient été conservées sous des formes très diverses, des documents manuscrits ou dactylographiés côtoyant des fichiers électroniques, des films et des photographies. Cependant, cette masse hétérogène de données n'était pas rassemblée, ni évaluée ou traitée de manière centralisée. Il n'était donc pas possible de mettre en place une gestion optimale des données pour disposer d'un accès immédiat aux informations, notamment en faisant appel aux technologies informatiques actuelles.

La première étape du projet a donc été consacrée à l'évaluation de tous les documents connus, afin de ne retenir, pour un traitement ultérieur, que ceux qui contenaient des informations fiables sur l'état et la sûreté du «Sarcophage», et qui étaient véritablement disponibles. Les principales données contenues dans ces documents ont été résumées dans une bibliothèque.

Ensuite, les données alphanumériques et celles stockées sur des supports multimédia ont été évaluées et classées. Le sous-traitant chargé de ce travail et ECOMM ont alors développé des interfaces, en se fondant sur la qualité et la quantité de l'ensemble des données, permettant d'organiser les données de manière standardisée et cohérente, améliorant de fait le processus d'assurance de la qualité. Ont suivi, enfin, le traitement électronique et la saisie des données concernées dans ces interfaces puis leur transfert à ECOMM pour intégration dans la BD «sûreté du Sarcophage».

A ce sujet, un navigateur multifonctionnel, utilisant le système d'informations géographiques (SIG) a été conçu. Il permet en particulier de rechercher, gérer et présenter les données rapidement.

Les deux langues utilisées pour la base de données elle-même et tous les enregistrements effectués sont l'anglais et le russe.

L'exactitude des informations a été vérifiée lors de leur enregistrement dans les interfaces : par exemple, des vérifications ont été effectuées afin de déterminer si les échantillons-types recueillis (solides, liquides, gazeux) étaient cohérents en rapport avec la méthode d'échantillonnage et l'unité de mesure utilisées. A ce sujet, outre la valeur mesurée elle-même et son unité de mesure, toutes les informations secondaires ont également été

## 3.2 Data acquisition and processing

Since 1986, large amounts of scientific and technical data have been collected about the Sarcophagus without any centralised co-ordination. Some were never published, others provided only unchecked and limited results concerning the Sarcophagus and its inventory.

Moreover, the results came in many different forms: in handwriting, as papers, electronic files, and as film or photographic material. However, this mixed data stock was neither centrally collected, assessed nor processed. Optimal administration and therefore direct availability of the information with the help of modern computer-based methods was thus impossible.

This is why the first step that was undertaken was to evaluate all known documents and select only those for further processing that contained reliable information on the safety status of the Sarcophagus and were actually available. The characteristic features of these documents were summarised in a library.

In a further step, the alphanumeric and multi-media-based data were evaluated and classified. Depending on the quality and quantity of the entirety of all data, interfaces were developed by the subcontractor in charge and ECOMM for the respective main tasks. These interfaces facilitated standardised and consistent data input by the subcontractor and also subsequent quality assurance. There then followed the electronic processing and input of the data concerned in the interfaces, their transfer to ECOMM, and their integration in the database.

ECOMM simultaneously developed the database and a multi-functional geographic information system (GIS) navigator for fast searching, administration and presentation of the data.

As a rule, the database as well as all data entries are in English and Russian.

The plausibility of the information was already checked upon input in the interfaces: for example, checks were made whether sample types (solid, liquid, gaseous) correlated with the sampling method and the measuring unit. Apart from the measured value itself and its measuring unit, all secondary information was also entered into the database, such as measuring errors, the measuring method, the institution carrying out the measurement, the measuring instrument used, and other parameters.

Further information from more than 500 construction plans, constructional drawings, measuring sketches and local dose rate graphs were electronically processed and are now also available in the database. In addition, 118 video clips and animations as well as 220 photos supplement the information about around 10,000 different components of the Sarcophagus (rooms, structural elements, fuel-containing materials, measuring stations, filled concrete, systems and equipment, etc.). These multi-media-based data are completed by 140 descriptive full-text documents.

Дополнительно, по контрактным обязательствам, к работе привлекалась украинская фирма Атомаудит (АА) как независимый партнёр по отдельным аспектам обеспечения качества вкладов различных организаций-субподрядчиков.

Чернобыльский центр (Chornobyl Centre – СС) выполнял задачи по местной координации проекта и являлся основным пользователем (бенефициаром) всех результатов.

## 3.2 Сбор и обработка данных

С 1986 года без центральной координации были собраны массы научно-технических данных о саркофаге. Некоторые из них остались неопубликованными, другие содержали лишь непроверенные или ограниченные сведения по саркофагу и его инвентарю.

Кроме того, данные представлены в весьма разной форме рукописных и напечатанных на бумаге документов, документации в электронной форме, а также фильмов и фотографий. Однако для этой неоднородной массы данных не было центрального учёта, оценки и обработки. Поэтому невозможно было ни оптимальное управление этой информацией с помощью современных, компьютерных методов, ни получение к ней непосредственного доступа.

Поэтому на первом этапе сначала были оценены все известные документы и только те из них отобраны для дальнейших работ, которые содержали представляющиеся достоверными и действительно доступные данные по текущей безопасности саркофага. Характерные признаки этих документов собирались в единой библиотеке данных.

На следующем этапе проводились просмотр и классификация алфавитно-цифрового и аудио-визуального материала этих документов. В соответствии с количеством и качеством всех имеющихся данных по различным направлениям работ ответственные организации-субподрядчики и ECOMM создавали формуляры ввода данных (интерфейсы). Эти формуляры ввода облегчали единообразный и согласованный учёт и обеспечение качества поставляемых субподрядчиками данных. После этого следовала компьютерная обработка и ввод информации в формуляры, передача её в ECOMM и ввод в базу данных.

Параллельно с этим ECOMM разрабатывал базу данных, multifunctionальную геоинформационную навигационную систему GIS для быстрого поиска, управления и представления данных.

Как база данных, так и все записи данных в ней выполнены исключительно на двух (английском и русском) языках.

Уже во время ввода данных в интерфейсы информация проверялась на достоверность: например, проверялось, насколько вид образца (твёрдый, жидкий, газообразный) соответствует способу взятия пробы и единицам измерения. Кроме собственно значения и единицы измерения, в базу данных вводилась также и вся вторичная информация, как



Weiterführende Informationen aus über 500 nur in Papierform vorliegenden Bauplänen, Konstruktionszeichnungen, Messskizzen, Ortsdosisleistungs(ODL)-Grafiken wurden elektronisch aufbereitet und stehen ebenfalls in der Datenbank zur Verfügung. Darüber hinaus ergänzen 118 Videoclips und Animationen sowie 220 Fotos die Informationen zu rund 10.000 Sarkophag-Komponenten (Räume, baukonstruktive Elemente, brennstoffhaltige Materialien, Messstationen, verfüllter Beton, Systeme und Ausrüstungen etc.). Vervollständigt werden diese multimedialen Daten durch 140 beschreibende Volltext-Dokumente.

Weiterhin wurde die Struktur des Blocks 4 als Teil der Benutzeroberfläche zwei- und dreidimensional visualisiert. ■

enregistrées dans la base de données, notamment les erreurs sur la mesure, la méthode de mesure, le nom de l'organisme ayant réalisé la mesure, l'instrument de mesure utilisé, etc.

Des informations complémentaires, tirées de plus de 500 plans, dessins de construction, croquis et graphiques (concernant notamment les débits de dose ambiants), ont été numérisées et sont désormais également disponibles dans la BD. En outre, 118 films et animations vidéo, ainsi que 220 photos viennent compléter les informations concernant près de 10 000 éléments du «Sarcophage» (salles, éléments de structure, matières contenant du combustible, stations de mesure, béton coulé dans les espaces vides, systèmes et équipement, etc.). De plus, 140 documents descriptifs, uniquement sous forme de texte, viennent appuyer ces données multimédia.

Par ailleurs, la structure de l'Unité 4 a été projetée en deux et trois dimensions (2D et 3D) pour l'interface «utilisateur» de la base de données. ■

Furthermore, the structure of Unit 4 was visualised in two and in three dimensions as part of the user interface. ■



Das Tschernobyl-Zentrum in Slavutitsch ist Hauptnutzer aller Ergebnisse, die im Rahmen DFI erarbeitet wurden.

Le Centre de Tchernobyl, basé à Slavutich, est le bénéficiaire de tous les résultats obtenus dans le cadre de l'IFA.

The Chernobyl Center, located in Slavutich, is the beneficiary of all results gained within the FGI.

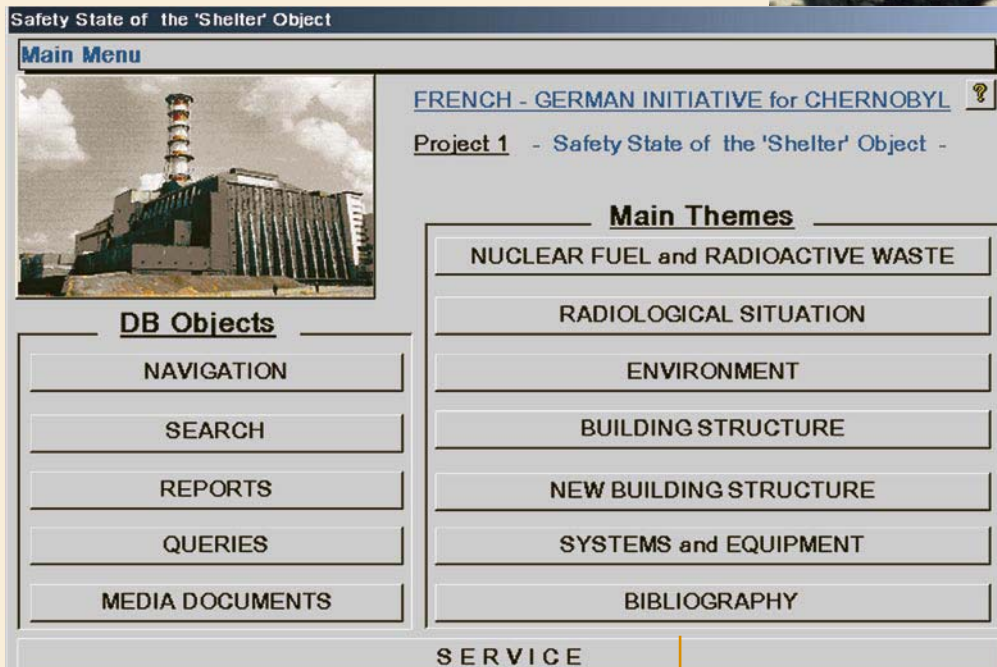
Чернобыльский центр в Славутиче как главный пользователь всех результатов, полученных в рамках ГФИ.

погрешности, метод и прибор измерения, исполняющая организация, а также другие параметры.

Дальнейшая информация из более 500 имеющихся только в напечатанном на бумаге виде строительных планов, технических чертежей, схем измерений, графиков мощности экспозиционной дозы (МЭД) была обработана на компьютере и также введена в базу данных. Кроме того, 118 видеоклипов и компьютерных анимаций, а также 220 фотографий дополняли информацию об около 10.000 компонентов саркофага (помещениям, строительным конструкциям, топливосодержащим материалам, точкам измерений, заливам бетоном, системам и оборудованию). Эти мультимедиа данные дополнялись 140 описательными текстовыми документами.

Помимо того, структура 4-го блока была реализована в качестве двухмерных и трёхмерных изображений как часть оболочки пользователя. ■





*Startmenü der Sarkophag-Datenbank  
Menu de la base de données Sarcophage  
Entrance to the Sarcophagus database  
Стартовое меню базы данных саркофага*

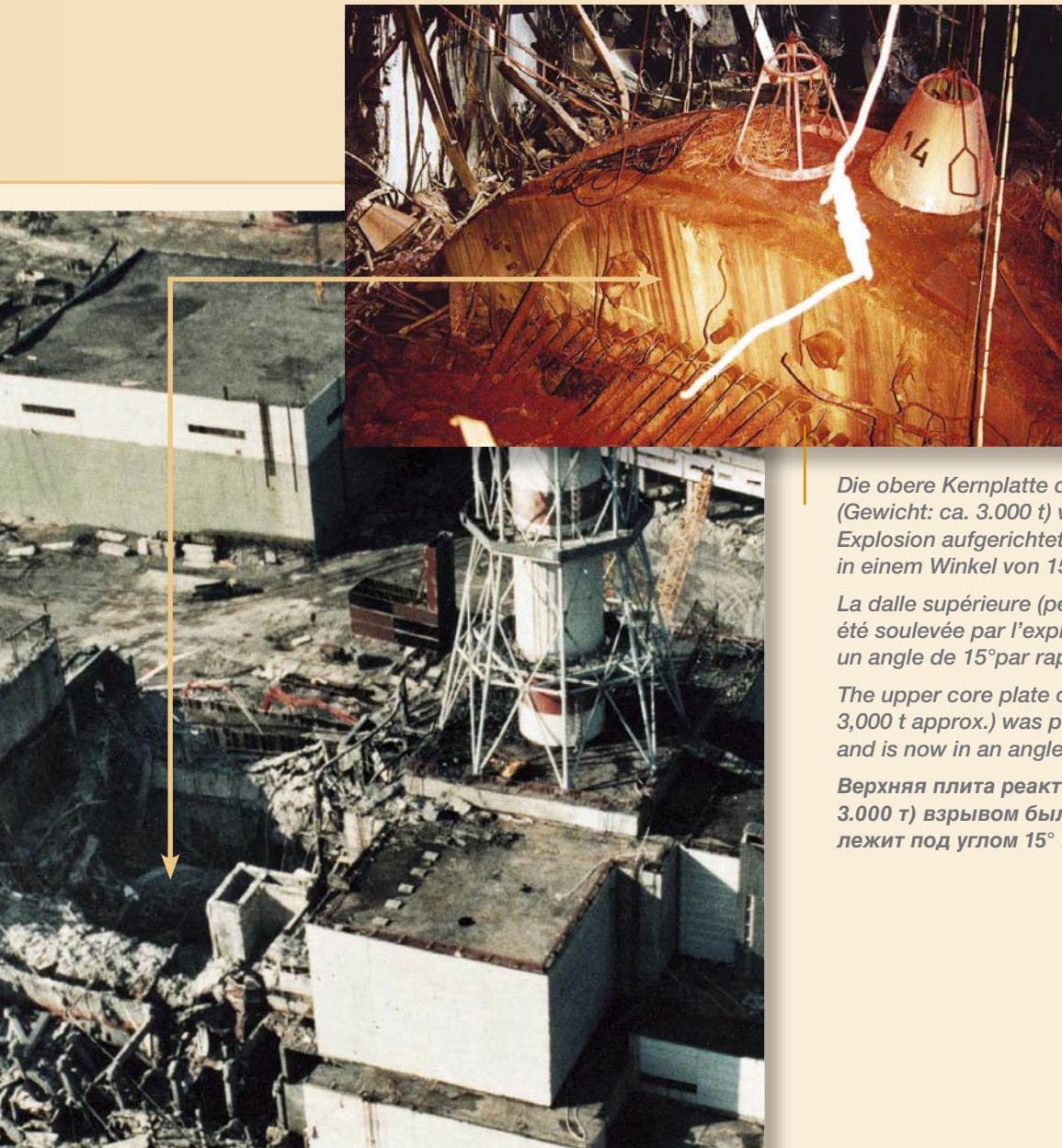
## Aufbau und Struktur der Datenbank

Die ukrainische Firma ECOMM in Kiew war in Zusammenarbeit mit der GRS für die Datenbankkonfiguration und die Datenintegration zuständig. Diese Arbeiten umfassten die Entwicklung der Datenbankstruktur und der Schnittstellen für die Dateneingabe (einschließlich der Bibliografie und der Beiträge zu den einzelnen o. g. technischen Aufgabenstellungen), die Entwicklung einer zugehörigen Methode zur gezielten Informationssuche sowie von Methoden des gezielten Datenzugriffs mit Hilfe eines visuellen Navigationssystems GIS (Geografisches Informationssystem) unter ArcView.

## Structure de la base de données «sûreté du Sarcophage»

ECOMM et GRS ont été conjointement chargés de la configuration de la base de données et de l'intégration des données. Leurs missions ont inclus le développement de la structure de la base de données et des interfaces pour la saisie des données (notamment pour la bibliographie et les contributions aux tâches mentionnées ci-avant), le développement d'une méthode associée à la recherche d'informations spécifiques, ainsi que l'élaboration de solutions d'accès sélectif aux données, utilisant le système d'informations géographiques SIG fonctionnant avec le logiciel Arc View.





*Die obere Kernplatte des Reaktors (Gewicht: ca. 3.000 t) wurde durch die Explosion aufgerichtet und steht nunmehr in einem Winkel von 15° zur Senkrechten.*

*La dalle supérieure (pesant environ 3 000 t) a été soulevée par l'explosion et repose sous un angle de 15° par rapport à la verticale.*

*The upper core plate of the reactor (weight: 3,000 t approx.) was put upright by the explosion and is now in an angle of 15° to the vertical.*

*Верхняя плита реактора (вес около 3.000 т) взрывом была сорвана и сейчас лежит под углом 15° к вертикали.*

## Database structure

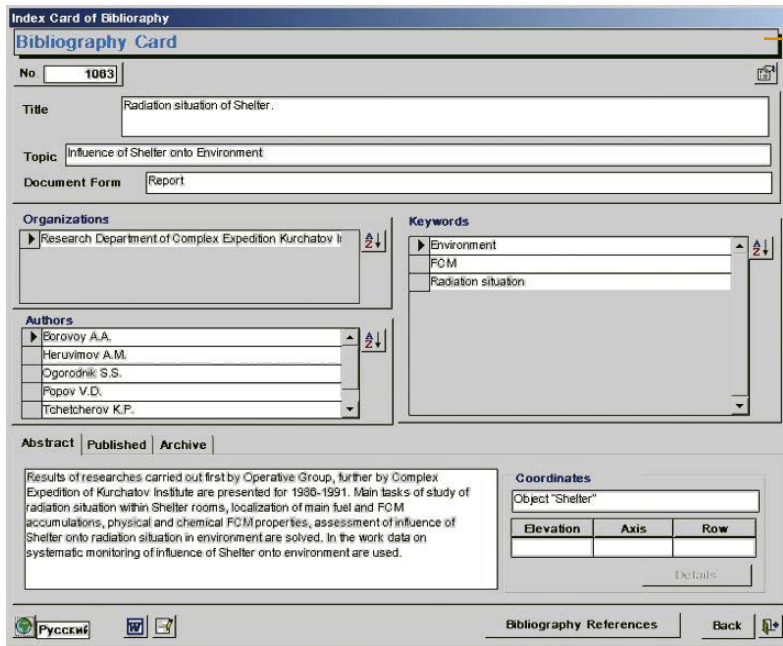
The Ukrainian ECOMM company in Kiev and GRS were jointly in charge of database configuration and data integration. These activities comprised the development of the database structure and interfaces for data entry (including the bibliography and the contributions to the individual above-mentioned tasks) as well as the development of an associated method for specific information searches and of methods of selective data access with the help of a visual GIS navigation system under ArcView.

## Структура базы данных

Украинская фирма ECOMM в Киеве вместе с GRS отвечала за конфигурацию базы данных и интегрирование данных. Эти работы охватывали разработку структуры базы данных и интерфейсов для ввода данных (в том числе библиографию и информацию по различным техническим вопросам), разработку соответствующих методов целенаправленного поиска информации, а также методов целенаправленного доступа к данным с помощью визуальной навигационной геоинформационной системы GIS, работающей в ArcView.







Typischer Datensatz der Bibliografie  
 Référence-type dans la bibliographie  
 Typical reference in the bibliography  
 Типичный набор данных по литературе  
 библиографии

Alle verfügbaren und aufbereiteten Informationen flossen in eine komplexe Datenbank ein, die unter Microsoft Access entwickelt wurde. In ihr wurden verschiedene Gruppen von Sarkophag-Komponenten mit gemeinsamen Eigenschaften – Objekte genannt – erfasst. Die gesamte Datenbank, das heißt sowohl ihre Inhalte als auch die Bedienoberfläche, ist zweisprachig (Russisch und Englisch) aufgebaut. Alle technischen Daten sind mit einer Bibliografie von Primärinformationsquellen, z. B. offiziellen Berichten etc., verknüpft. Ein unter ArcView erstelltes visuelles Navigationssystem dient zum Abrufen der Informationen aus der Datenbank mit Hilfe von verschiedenen zwei- und dreidimensionalen Modellen des Sarkophags.

Toutes les informations disponibles et traitées ont été entrées dans une base de données complexe élaborée avec Microsoft Access. Dans cette base de données, les différents éléments relatifs au «Sarcophage» ont été classés dans plusieurs groupes (appelés «objets»), en fonction de leurs caractéristiques communes (cf. § 4.2). La BD est totalement bilingue ; son contenu et son interface «utilisateur» sont disponibles en russe et en anglais. Toutes les données techniques sont associées à une bibliographie de sources d'information primaires (rapports officiels, etc.). Le système de navigation SIG permet de récupérer des informations de la base de données grâce à plusieurs modélisations du Sarcophage en 2D et 3D.

#### 4.1 Bibliografie der Primärinformationsquellen

Die Bibliografie enthält Verweise auf rund 1.600 Literaturstellen, die u. a. durch Autor, Organisation, Titel, Kurzfassung, Herausgeber, Erscheinungsjahr und Dokumentform charakterisiert sind. Etwa 29.000 inhaltliche Verknüpfungen der Dokumente mit relevanten Sarkophag-Komponenten, rund 1.700 Orts-Koordinaten-Verknüpfungen sowie ca. 6.900 Stichwortverknüpfungen ermöglichen dem Nutzer über Filter- und Suchfunktionen einen raschen und gezielten Zugriff auf die verschlagworteten Dokumente.

#### 4.1 Bibliographie des sources d'information primaires

La bibliographie contient près de 1 600 références incluant, notamment, l'indication de l'auteur, de l'organisation, du titre, du résumé, de l'éditeur, de l'année de publication et de la forme du document. L'utilisateur dispose d'un accès rapide et direct aux documents référencés par mots-clés (environ 6 900 liens) en utilisant des fonctions de recherche et des filtres et grâce également à environ 29 000 liens relatifs au contenu de fichiers sur les éléments pertinents du «Sarcophage» et à environ 1 700 liens sur les coordonnées locales.

#### 4.2 Datenbank-Objekte

Zur systematischen Erfassung wurden die unterschiedlichen Sarkophag-Komponenten in Gruppen von Objekten mit gemeinsamen Eigenschaften eingeteilt. Folgende Haupt-Objektklassen werden unterschieden:

- Bauliche Strukturen, Konstruktionen und Beton,
- brennstoffhaltige Materialien,
- Systeme und Ausrüstungen, Bohrkanäle,

#### 4.2 Objets de la base de données

Afin de permettre l'acquisition systématique des données, les éléments du «Sarcophage» ont été classés dans des groupes d'objets ayant des caractéristiques communes. Les cinq principaux groupes d'objets sont :

- structures de construction et béton ;
- matières contenant du combustible ;

All available and processed information was entered into a complex database developed under Microsoft Access. In this database, different groups of components of the Sarcophagus with common features – called objects – were formed. The entire database – i. e. its content as well as its user interface – is bilingual (Russian and English). All technical data are linked with a bibliography of primary information sources, e. g. official reports, etc. A visual navigation system devised under ArcView serves for the retrieval of information from the database with the help of various different two- and three-dimensional models of the Sarcophagus.

#### 4.1 Bibliography of primary information sources

The bibliography contains around 1,600 references with indication i. a. of the author, organisation, title, abstract, publisher, year of publication, and form of the document. Approx. 29,000 content-related links of the documents to relevant components of the Sarcophagus, around 1,700 local co-ordinate links as well as approx. 6,900 keyword links enable the user to get quick and direct access to the keyworded documents via filter and search functions.

#### 4.2 Database objects

For systematic data acquisition, the different components of the Sarcophagus were classified into groups of objects with common features. The are the following five main groups of objects:

- Building structures and concrete
- Fuel-containing materials
- Systems and equipment, drilling channels

Вся имеющаяся и обработанная информация вливалась в комплексную базу данных, разработанную в Microsoft Access. В ней были собраны различные группы компонентов саркофага с одинаковыми свойствами, называемые объектами. Вся база данных, т. е. как её содержание, так и оболочка пользования выполнены на двух (русском и английском) языках. Все технические данные имеют ссылки на библиографию первичных источников информации, например, официальные отчёты и т. п. Выполненная в ArcView навигационная система служит вызову информации из базы данных с помощью двух- и трёхмерных моделей саркофага.

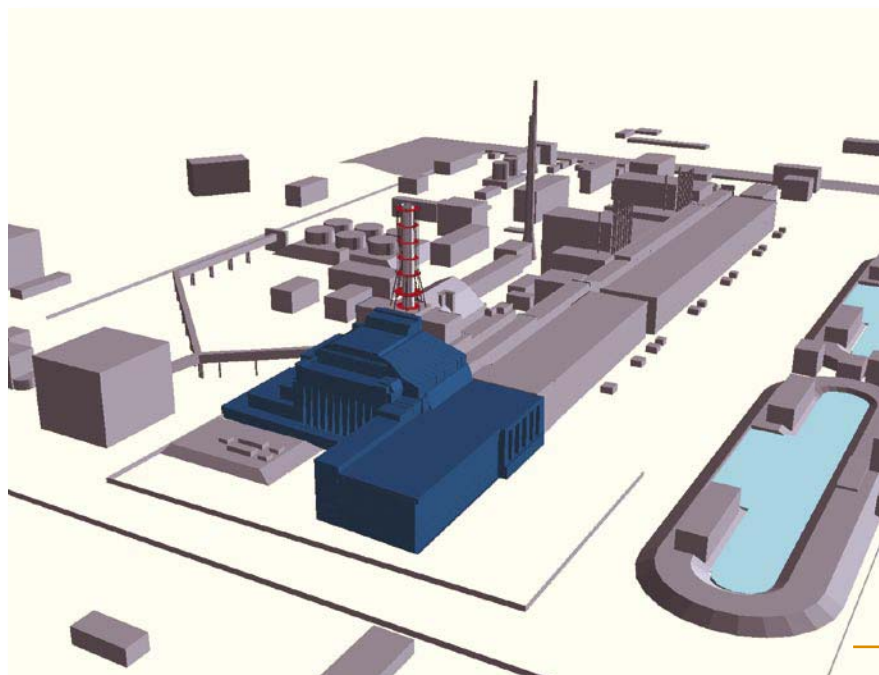
#### 4.1 Библиография первичных источников информации

Библиография содержит указания на около 1.600 литературных источников, с информацией об организации, названии публикации, кратком содержании, дате опубликования и форме представления документа и т. п. Около 29.000 ссылок документов на соответствующие компоненты саркофага, около 1.700 ссылок на местные координаты, а также около 6.900 ссылок на ключевые слова позволяют пользователю с помощью функций фильтра и поиска получить быстрый и целенаправленный доступ к искомым документам.

#### 4.2 Объекты базы данных

Для систематического учёта различные компоненты саркофага были поделены на группы объектов с одинаковыми свойствами:

- строительные и технические конструкции и бетонные сооружения,
- топливосодержащие материалы,

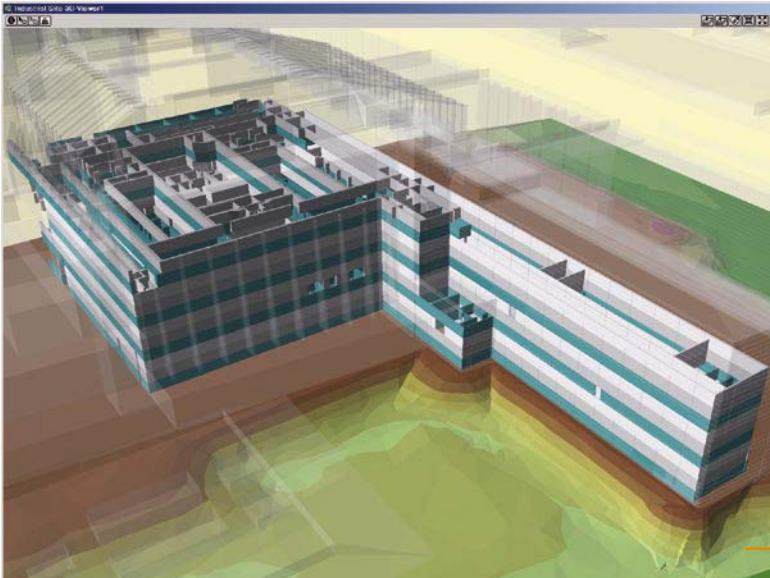


Block 4: Schematische Darstellung des Sarkophags sowie der angrenzenden Gebäude (erstellt mit ArcView GIS 3.2 3D-Analyst)

L'Unité 4 – Représentation schématique du «Sarcophage» et des bâtiments adjacents (générée par le logiciel d'analyse 3D ArcView GIS 3.2)

Unit 4: Schematic representation of the Sarcophagus and adjacent buildings (created by ArcView GIS 3.2 3D-Analyst)

4-ый блок: схематическое представление саркофага и прилежащих зданий (в 3D-Analyst ArcView GIS 3.2)



Blick ins Innere des Blocks 4: Zu sehen sind die Etagen des Blocks 4 im Zustand vor dem Unfall. Die äußere Hülle des Sarkophags wurde ausgeblendet.

Représentation de l'Unité 4 montrant les différents niveaux de celle-ci et leur état avant l'accident. La coque extérieure du «Sarcophage» peut être ajoutée selon les besoins.

View into the Unit 4 showing the different levels of Unit 4 in their condition before the accident. The outer shell of the Sarcophagus can be added on demand.

Вид внутри 4-го блока: видны этажи 4-го блока в доаварийном состоянии; внешняя оболочка саркофага не видна.

- ODL-Messungen zur Erfassung der radiologischen Situation auf dem Standortgelände und im Sarkophag,
- Grundwasser- und Luftüberwachungs-Systeme.

#### 4.2.1 Bauliche Strukturen, Konstruktionen und Beton

Detaillierte Kenntnisse über den baulichen Zustand des ehemaligen Blocks 4 sowie des Sarkophags sind elementar für alle weiteren Arbeiten im oder am Sarkophag und für die Planung von Projekten zur Ertüchtigung des Sarkophags. Wichtig sind hierbei möglichst genaue Informationen über die ursprüngliche Bauplanung, die tatsächliche Bauausführung sowie die nach dem Unfall errichteten Baukonstruktionen.

NIISK stellte u. a. die Daten über die geometrischen Abmessungen der Räume, ihre Eigenschaften (z. B. die Qualität des Betons sowie anderer Baumaterialien), ihr Tragverhalten, den Grad der Zerstörung von tragenden Elementen oder die Zugänglichkeit von Räumen zusammen. Diese Daten dienen als Grundlage für neue Projekte zur Ertüchtigung des Sarkophags.

##### ► Datenbank-Ergebnisse

Die Datenbank enthält Informationen zu insgesamt 1.013 verschiedenen Räumen sowie 45 neuen Baukonstruktionen. 859 Räume und acht neue Konstruktionselemente wurden visualisiert. Der Nutzer erhält die Möglichkeit, sich mit Hilfe von zwei- und dreidimensionalen Modellen des Blocks 4 zu orientieren und in den jeweiligen Modellebenen des Sarkophags zu navigieren.

Durch die Auswahl eines Raumes gelangt er zu den spezifischen Informationen der Baukonstruktions-Objekte, z. B. Bauzeichnungen, Gesamtmasse, baulicher Zustand und Nutzung, darüber hinaus zu allen anderen mit dem Raum verknüpften Angaben, z. B. zum Vorhandensein brennstoffhaltiger Materialien, zur

- systèmes et équipement, trous de forage ;
- mesures de débit de dose ambiant pour la description de la situation radiologique à l'intérieur du „Sarcophage“ et sur le site industriel ;
- systèmes de surveillance de la pollution de la nappe phréatique et de l'air.

#### 4.2.1 Structures de construction et béton

Une connaissance approfondie des structures de l'ancienne Unité 4 et du «Sarcophage» est un préalable à tout travail à l'intérieur de ce «Sarcophage» ou sur la structure de celui-ci, en particulier pour la planification des projets d'amélioration envisagés. De fait, il était absolument fondamental d'obtenir des informations aussi précises que possible sur les plans de construction initiaux, la réalisation de ces plans dans les faits et la structure du «Sarcophage».

NIISK a fourni, entre autres, des données sur les dimensions géométriques des salles, leurs propriétés de construction (par exemple la qualité du béton et des autres matériaux), les caractéristiques des murs porteurs, l'ampleur des destructions des éléments porteurs ou l'accessibilité des salles après l'accident. Ces données pourront servir de base aux projets d'amélioration du Sarcophage.

##### ► Résultats de la base de données

Au final, la base de données contient des informations sur 1 013 salles et 45 nouveaux locaux. Par ailleurs, 859 salles et huit nouveaux éléments de structure ont été modélisés. L'utilisateur peut s'orienter à l'aide de modèles de l'Unité 4 en 2D ou en 3D et naviguer entre les niveaux du «Sarcophage» qui ont été modélisés.

En sélectionnant une salle, l'utilisateur obtient des informations spécifiques relatives à cette salle, par exemple les plans de

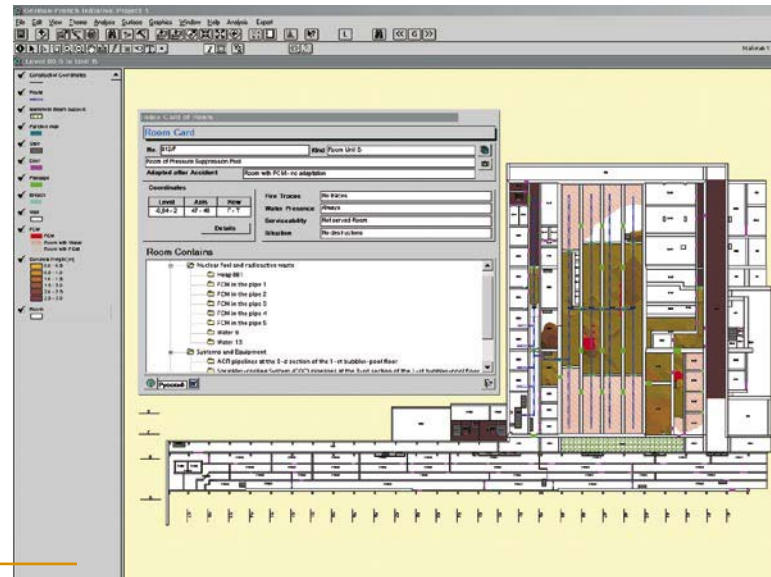


Die geöffnete Datenbank-Schnittstelle nach der Auswahl eines Raumes im visuellen Navigator: Nach dem Anklicken des Raumes 012/7 im visuellen Navigator (GIS) öffnet sich das Access-Formular mit der Datenbank-Schnittstelle. Von hier kann zu den detaillierten Informationen in der Datenbank verzweigt werden.

Interface de la base de données, telle qu'elle apparaît lorsque l'on sélectionne une salle dans le navigateur visuel SIG : lorsque l'on a cliqué sur la salle 012/7, le formulaire Access contenant l'interface de la base de données s'ouvre. De là, il est possible de s'orienter vers les informations détaillées contenues dans la BD.

Database interface following the selection of a room in the visual navigator: After clicking on Room 012/7 in the visual navigator (GIS), the Access form with the database interface opens. From here it is possible to branch off to the detailed information contained in the database.

Открытый интерфейс базы данных после выбора помещения в визуальном навигаторе: после выхода на помещение 012/7 в визуальном навигаторе (GIS) открывается формуляр в Access с интерфейсом базы данных. Отсюда можно переходить к более подробной информации в базе данных.



- Local dose rate measurements for the description of the radiological situation at the industrial site and inside the Sarcophagus
- Groundwater and air pollution monitoring systems.

- системы и оборудования, исследовательские скважины,
- измерения МЭД для учёта радиационной обстановки на прилегающей территории и внутри саркофага,
- системы наблюдения за грунтовыми водами и воздухом.

#### 4.2.1 Building structures and concrete

Detailed knowledge about the structural condition of the former Unit 4 and the Sarcophagus is elementary for all further work inside or on the structure of the Sarcophagus and for the planning of associated upgrading projects. What is needed here most is information that is as precise as possible about the original building plans, the actual implementation of the plans, and the building structure that was erected after the accident.

NIISK provided i. a. data about the geometric dimensions of the rooms, their properties (e. g. the quality of the concrete and other building materials), their load-bearing characteristics, the degree of destruction of load-carrying elements, or the accessibility of rooms. These data serve as a basis for new upgrading projects for the Sarcophagus.

##### ► Database results

The database contains information on a total of 1,013 different rooms and 45 new building structures. 859 rooms and eight new structural elements have been visualised. Here, the user can orientate himself with the help of two- and three-dimensional models of Unit 4 and navigate through the different model levels of the Sarcophagus.

By selecting a room, the user retrieves specific information about structural objects, e. g. construction plans, total mass, structural condition and use, and all other details associated with this particular room, e. g. the presence of fuel-containing

#### 4.2.1 Строительные и технические конструкции и бетонные сооружения

Для всех дальнейших работ на саркофаге и для планирования проектов по улучшению состояния саркофага совершенно элементарными являются знания о состоянии строительных конструкций бывшего 4-го блока и саркофага. Особенно важно для этого располагать как можно более точной информацией об исходном строительном планировании, фактическом исполнении строительства и воздвигнутых строительных конструкциях.

НИИСК собрал воедино данные о геометрии и размерах помещений, их свойствах (например, качестве бетона и других стройматериалов), их несущей способности, степени разрушения несущих конструкций и доступа к ним. Эти данные служат основой для новых проектов по улучшению состояния саркофага.

##### ► Результаты в базе данных

База данных содержит информацию об около 1.013 различных помещений, а также по 45 новым конструкциям. 859 помещений и восемь новых конструктивных элементов представлены визуально и дают возможность пользователю с помощью двух- и трёхмерных моделей 4-го блока ориентироваться и осуществлять поиск по соответствующим уровням моделей саркофага.

С помощью выбора помещения можно выйти на специальную информацию по объектам строительных конструкций, как





radiologischen Situation sowie zu vorhandenen Systemen und Ausrüstungen.

Für den Sarkophag wurden insgesamt rund 7.000 t Stahl und ein Gesamtvolumen von ca. 70.000 m<sup>3</sup> Beton verbaut. Rund 21.100 m<sup>3</sup> Beton wurden in den Räumen zur Stabilisierung des Sarkophags und zur Abschottung der brennstoffhaltigen Materialien verfüllt. Etwa 230 Datensätze enthalten weiterführende Informationen zur Höhe der Beton-Verfüllungen und der Ausbreitung des Betons innerhalb der Räume des Sarkophags.

Diese Vielzahl unterschiedlichster Informationen bietet dem Nutzer der Datenbank ein umfassendes und genaues Bild vom Zustand der Baukonstruktionen im Sarkophag. Derartige Angaben sind für jeden einzelnen Raum abrufbar.

#### 4.2.2 Brennstoffhaltige Materialien und radioaktive Abfälle

Die Daten zu den „brennstoffhaltigen Materialien“ (Fuel-containing Materials – FCM) und radioaktiven Abfällen sind aufgrund ihrer unmittelbaren Relevanz für den Strahlenschutz und für Risikoabschätzungen von besonderer Bedeutung. Das RRCKI in Moskau übernahm die Aufgabe, Informationen über den noch im Sarkophag verbliebenen Brennstoff mit den zugehörigen Parametern, z. B. Nuklidzusammensetzung, physikalische und chemische Eigenschaften zu erfassen und zu beschreiben. In der Datenbank werden vier Modifikationen der brennstoffhaltigen Materialien unterschieden: Bruchstücke von Brennelementen, geschmolzene Brennstofflava, radioaktiver Staub und im Wasser gelöste Uran- und Plutoniumsalze.

Die Datenbank enthält insgesamt 85 Datensätze zu den FCM und zu weiteren radioaktiven Abfällen. Davon sind 53 Objekte mit bekannter Geometrie im visuellen Navigator visualisiert worden. Die FCM-Objekte wurden, soweit möglich, durch eine Vielzahl physikalischer, chemischer und radiologischer Messwerte, die Beschreibung der Brennstoffart sowie die örtlichen Koordinaten im Sarkophag charakterisiert. Darüber hinaus kann weiterführende Literatur zu den FCM und zu den radioaktiven Abfällen in rund 5.300 Verknüpfungen abgerufen werden.

##### ► Datenbank-Ergebnisse

Zum Zeitpunkt des Reaktorunfalls enthielt der Reaktorkern 1.659 Brennstäbe mit einem mittleren Abbrand von etwa 11 MW d/kg Uran und einer Masse von insgesamt ca. 190 t Uran.

Die im Rahmen der DFI gesammelten und überprüften Informationen zu den brennstoffhaltigen Materialien im Sarkophag belegen, dass sich nachweislich mindestens noch 150 t des ursprünglich im Reaktor vorhandenen Kernbrennstoffs innerhalb des Sarkophags befinden. Weitere etwa 30 t Kernbrennstoff in unterschiedlichen Modifikationen werden u. a. in den Räumen der Ebene 9 vermutet. Ein Vordringen dorthin ist jedoch auf Grund von Verschüttungen und extrem hoher Strahlenpegel bisher nicht möglich. Diese Abschätzung der im Sarkophag enthaltenen Kernbrennstoffmasse stützt die Aussage, dass auch 19 Jahre nach dem Unfall noch ca. 96 % des bestrahlten

construction, la présence éventuelle de matières contenant du combustible, la situation radiologique, les systèmes et les équipements existants, etc.

Pour construire le «Sarcophage», environ 7 000 t d'acier et un volume total d'à peu près 70 000 m<sup>3</sup> de béton ont été utilisés. Près de 21 100 m<sup>3</sup> de béton ont été injectés dans certaines salles pour stabiliser l'édifice et sceller les matières contenant du combustible. Environ 230 fiches de données contiennent des informations supplémentaires sur la façon dont ces salles ont été bétonnées et sur la diffusion du béton dans ces salles.

Cette multitude d'informations très éclectiques permet à l'utilisateur de la base de données de se faire une idée d'ensemble assez exacte des conditions structurelles à l'intérieur du «Sarcophage». Ces informations sont disponibles individuellement pour chaque salle.

#### 4.2.2 Matières contenant du combustible et déchets radioactifs

Les données sur les matières contenant du combustible (fuel-containing material – FCM) et sur les déchets radioactifs ont une importance particulière en raison de leur pertinence immédiate pour la protection contre les radiations et pour les évaluations de risques. L'Institut Kurchatov a pris en charge la collecte et la description des éléments relatifs au combustible demeurant à l'intérieur du «Sarcophage» et sur les paramètres associés, par exemple la répartition des différents radionucléides, leurs propriétés physiques et chimiques, etc. La BD «sûreté du Sarcophage» distingue quatre états modifiés pour les matières contenant du combustible : les fragments d'éléments de combustible, la lave de combustible fondu, les poussières radioactives et les sels d'uranium et de plutonium dissous dans l'eau.

La BD contient 85 entrées de données concernant les FCM et d'autres types de déchets radioactifs. Parmi ces éléments, 53 objets dont les dimensions sont connues ont été modélisés dans le navigateur visuel. Les objets FCM ont été définis, autant que possible, par une multitude de données chimiques et radiologiques, par une description du type de combustible ainsi que par leurs coordonnées spatiales à l'intérieur du «Sarcophage». En outre, de la documentation scientifique complémentaire sur les FCM et les déchets radioactifs peut être consultée via près de 5 300 liens.

##### ► Résultats de la base de données

Au moment de l'accident de Tchernobyl, le cœur du réacteur contenait 1 659 barres de combustible, le taux de combustion moyen de l'uranium se situait autour de 11 MW jour/kg d'uranium, pour une masse totale d'environ 190 tonnes.

Les informations recueillies dans le cadre de l'IFA sur les FCM à l'intérieur du «Sarcophage» prouvent qu'au moins 150 tonnes du combustible nucléaire originel du réacteur sont encore à l'intérieur de l'édifice. Environ 30 tonnes de combustible, sous différentes formes, sont supposées se trouver, entre autres locaux, dans

materials, the radiological situation as well as about existing systems and equipment.

To erect the Sarcophagus, a total of around 7,000 t of steel and a total volume of approx. 70,000 m<sup>3</sup> of concrete were used. Around 21,100 m<sup>3</sup> of concrete was filled into rooms to stabilise the Sarcophagus and seal off the fuel-containing materials. About 230 data records contain further information on the level to which rooms have been filled with concrete or on the spreading of the concrete within the rooms of the Sarcophagus.

This multitude of most different pieces of information offers the user of the database a quite comprehensive and exact picture of the structural conditions inside the Sarcophagus. Such information can be retrieved for each individual room.

#### 4.2.2 Fuel-containing materials and radioactive waste

The data on the fuel-containing materials (FCM) and radioactive waste are of special importance due to their direct relevance to radiation protection and risk assessments. The RRCKI in Moscow took on the task of collecting and describing information about the fuel still remaining inside the Sarcophagus and the associated parameters, e. g. nuclide composition, physical and chemical properties. The database distinguishes between four modified states of the fuel-containing materials: fuel element fragments, molten fuel lava, radioactive dust, and uranium and plutonium salts dissolved in water.

In all, the database contains 85 data records on the FCM and on other radioactive waste. Of these, 53 objects with known dimensions have been visualised in the visual navigator. The FCM objects were characterised as far as possible by a multitude of measured chemical and radiological data, a description of the type of fuel, and their local co-ordinates inside the Sarcophagus. In addition, further literature on the FCM and on the radioactive waste can be accessed via approx. 5,300 links.

##### ► Database results

At the time of the accident the reactor core was loaded with 1,659 fuel rods, with an average burnup of about 11 MW d/kg of uranium and a total mass of approx. 190 t.

The information collected within the framework of the FGI on the FCM inside the Sarcophagus proves that at least 150 t of the original reactor fuel demonstrably still remain inside the Sarcophagus. About another 30 t of nuclear fuel in various forms are assumed to be i. a. in rooms on level 9. Due to the accumulation of debris and the extreme level of radiation, however, it has so far not been possible to enter this area. This estimate of the fuel mass still inside the Sarcophagus supports the thesis that even 19 years after the accident, there still remain 96 % of the irradiated fuel inventory – i. e. approx. 180 t of the irradiated uranium with a total activity of  $7 \cdot 10^{17}$  Bq – inside the Sarcophagus. Measurements in the vicinity of the site, on the territory of the former Soviet Union and in other European countries have reliably shown that approx. 4 % of the fuel inventory were released in the accident.

например, строительные чертежи, общую массу, состояние и использование строительных конструкций, а также на все другие, связанные с конкретным помещением данные как, например, о нахождении топливосодержащего материала, радиационной обстановке и о находящихся там системах и оборудовании.

Всего на строительство саркофага были затрачено 7.000 тонн стали и около 70.000 м<sup>3</sup> бетона. Около 21.100 м<sup>3</sup> бетона были залиты в помещения для стабилизации саркофага и покрытия топливосодержащий материалов. Около 230 наборов данных содержат дальнейшую информацию о высоте бетонного залива и распространению бетона внутри помещений саркофага.

Этот большой объем самой различной информации даёт пользователю базы данных комплексную и точную картину состояния строительных конструкций в саркофаге. Такие данные можно вывести и для каждого отдельного помещения.

#### 4.2.2 Топливосодержащие материалы и радиоактивные отходы

Данные по топливосодержащим материалам (ТМ) и радиоактивным отходам из-за своей важности для радиационной защиты и оценки риска представляют совершенно особое значение. РНЦ КИ в Москве взял на себя задачу учёта информации и описания ещё оставшегося в саркофаге топлива с такими специфическими параметрами, как радионуклидным составом, физическими и химическими свойствами. В базе данных различаются четыре модификации топливосодержащего материала: обломки топливных элементов, расплавившееся топливо, радиоактивная пыль и растворённые в воде соли урана и плутония.

База данных содержит 85 наборов данных по ТМ и другим радиоактивным отходам. Сюда входят 53 объекта с известной геометрией, представленные в визуальном навигаторе. Объекты ТМ описаны с помощью физических, химических и радиологических величин измерений, вида топлива и местных координат в саркофаге. Кроме того, имеется возможность вызвать литературу по ТМ и по радиоактивным отходам с помощью 5.300 связей данных.

##### ► Результаты работы по базе данных

К моменту ядерной аварии активная зона реактора содержала 1659 технологических каналов (ТК) со средним выгоранием около 11 МВт д/кг урана и массой около 190 т урана.

Согласно информации по топливосодержащим массам в саркофаге, собранной и проверенной рамках ГФИ, известно, что в саркофаге ещё находятся не менее 150 тонн из первоначально находившегося в реакторе ядерного топлива. Кроме того, ещё 30 тонн ядерного топлива в различных модификациях предполагаются, например, в помещениях на отметке 9. Однако проникнуть туда пока что не представлялось возможным из-за завалов и очень сильной радиации. Эти оценки находящегося в саркофаге ядерного топлива опираются на утверждение, что и через 19 лет после аварии ещё около 96 % облучённых

Brennstoffinventars, d. h. ca. 180 t des bestrahlten Urans mit einer Gesamtaktivität von  $7 \cdot 10^{17}$  Bq, im Sarkophag vorhanden sind. Die unfallbedingten Freisetzungen in der Nähe des Standortes, auf dem Gebiet der ehemaligen Sowjetunion sowie in weiteren Ländern Europas wurden zu etwa 4 % des Brennstoffinventars messtechnisch nachgewiesen.

Im Sarkophag befindet sich eine beträchtliche Menge radioaktiven Staubs. Da dieser Staub zum Teil in Form von Aerosolen aus dem Sarkophag austreten kann, ist seine Menge und Beschaffenheit von großem Interesse. Die Gesamtmasse des aufwirbelbaren radioaktiven Staubs im Sarkophag wird auf etwa 1 t, seine Aktivität auf  $4,3 \cdot 10^{15}$  Bq geschätzt. Diese Aktivität geht insbesondere auf die langlebigen Nuklide Strontium 90 (rund 47 %, Halbwertszeit ca. 28 Jahre) und Caesium 137 (rund 30 %, Halbwertszeit ca. 30 Jahre) zurück. Über ein im Sarkophag installiertes Sprühsystem wird periodisch Latexlösung in den Sarkophag gesprüht, um den radioaktiven Staub zu binden. Damit werden allerdings nicht alle Bereiche des Sarkophags erreicht. Außerdem ist diese Abbindung nicht dauerhaft. Aus der fortschreitenden Erosion des Reaktorgebäudes und der Lavazersetzung bildet sich laufend neuer Staub. Die Gesamtmenge ungebundenen Staubs bleibt dadurch nahezu unverändert. Die durch natürliche Luftzirkulation verursachte Freisetzung radioaktiver Aerosole aus dem Sarkophag ist gering. Nach ukrainischen Angaben liegt sie derzeit bei  $1,1 \cdot 10^{10}$  Bq/a. Bei bestimmten hypothetischen Störfällen, beispielsweise beim Absturz größerer Teile bei Stabilisierungsmaßnahmen, wäre eine Aufwirbelung und teilweise Freisetzung in die Umgebung potentiell möglich, was zu einer Gefährdung des auf dem Kraftwerksgelände beschäftigten Personals führen könnte. Allerdings zeigen Abschätzungen, dass selbst bei einem Einsturz des Sarkophags Orte in größeren Entfernungen, z. B. Slawutitsch, praktisch nicht mehr betroffen wären.

Bruchstücke der Brennelemente: In der ersten Freisetzungsphase (siehe Seite 6) nach der Explosion und während des späteren Brandes wurde ein Teil des Brennstoffs – teilweise zu Brennstoffstaub oder -körnern fraktioniert – herausgeschleudert. Die freigesetzten Brennelementbruchstücke oder Fragmente haben etwa die gleiche Nuklidzusammensetzung wie im Kern zum Zeitpunkt des Unfalls (außer flüchtige Nuklide). In der zerstörten Reaktorhalle befinden sich ca. 13,3 t Uran – enthalten in Druckröhrenteilen und Brennelement-Fragmenten – die während der Explosion z. T. auf das Dach geschleudert und später von Liquidatoren während der Aufräumarbeiten von da in die Reaktorhalle zurückgeworfen wurden.

Weiterhin sind Brennelementbruchstücke oder Fragmente in den Ebenen 9 bis 43 des Blocks 4 zu finden. Das Kernfragment (Objekt „No. 2“) in der Ebene 9,0-12,5 im Raum 305/2 („Under Reactor Room“) besitzt mit 33 t die größte Brennstoffmasse dieser Objektklasse. Den höchsten ODL-Wert hat das Objekt „CH No. 6“ im Raum 914/2 (Ebene 35,5 - 43,0) mit 26,8 Sv/h.

Das Auftreten von Brennstofflava deutet darauf hin, dass nennenswerte Mengen des Kernbrennstoffs geschmolzen und dann durch Öffnungen in tiefer gelegene Räume geflossen sind. Er vermischte sich mit anderen Stoffen und verfestigte sich zu einer glasartigen Masse, der „Lava“, die im Laufe der Zeit unter dem Einfluss von

des salles du niveau 9. Cependant, en raison de l'accumulation de débris et du niveau de radiations extrêmement élevé, il n'a pas été possible de pénétrer dans cette zone jusqu'à présent. Cette estimation de la masse de combustible encore à l'intérieur du Sarcophage renforce la thèse selon laquelle, même dix-neuf ans après l'accident, 96 % de la quantité de combustible irradié, c'est-à-dire près de 180 tonnes d'uranium, demeure à l'intérieur du «Sarcophage», pour une radioactivité totale de  $7 \cdot 10^{17}$  Bq. Des mesures faites à proximité du site, sur le territoire de l'ex-Union soviétique et dans d'autres pays européens, ont permis de montrer avec certitude qu'environ 4 % du combustible total avaient été libéré au cours l'accident.

D'énormes quantités de poussières radioactives demeurent à l'intérieur du «Sarcophage». Etant donné que ces poussières pourraient s'échapper, en partie sous la forme d'un aérosol, la vitesse à laquelle elles se forment et leur composition sont étudiées avec un d'intérêt tout particulier. La masse totale de poussières radioactives à l'intérieur du «Sarcophage» susceptibles d'être soulevées dans un nuage est estimée à 1 t et sa radioactivité est de  $4,3 \cdot 10^{15}$  Bq. Cette activité est essentiellement due à des radionucléides à vie longue : le strontium 90 (pour environ 47 % – période de 28 ans) et le césium 137 (pour près de 30 % – période est de 30 ans). Un système de vaporisation installé à l'intérieur du «Sarcophage» pulvérise régulièrement une solution de latex afin de fixer ces poussières. Toutefois, il ne permet pas d'atteindre toutes les zones de l'édifice et les poussières ne sont pas fixées de manière définitive. De plus, de nouvelles poussières sont générées par l'érosion progressive du bâtiment du réacteur et par la décomposition de la lave. La quantité totale de poussières en suspension demeure donc quasiment inchangée. Toutefois, le rejet de poussières radioactives contenues dans le «Sarcophage» du fait de la circulation naturelle de l'air est faible. De source ukrainienne, ce rejet ne produit qu'une radioactivité de  $1,1 \cdot 10^{10}$  Bq/an. Dans l'hypothèse de conditions particulières d'accident, par exemple en cas d'effondrement des parties les plus importantes au cours des travaux de stabilisation, des poussières pourraient entrer en suspension et s'échapper dans l'environnement, ce qui pourrait faire courir un risque au personnel travaillant sur le site de la centrale. Des études ont cependant montré que, même en cas d'effondrement du «Sarcophage», les villes situées à une certaine distance du site, comme par exemple Slawutitsch, ne seraient pas contaminées.

Pour ce qui concerne les fragments d'éléments de combustible, durant la phase qui a immédiatement suivi l'explosion et pendant l'incendie qui s'est déclaré, une partie du combustible, partiellement sous forme de poussières ou de particules, a été rejetée. Ces fragments de combustible ont quasiment la même composition en radionucléides que lorsqu'ils se trouvaient encore dans le cœur au moment de l'accident (les radionucléides volatils ont cependant disparu).

Le bâtiment du réacteur contient environ 13,3 tonnes d'uranium, contenus dans les tubes de pression du réacteur, et de fragments de combustible, dont une partie a été catapultée sur le toit puis remise dans la salle du réacteur par les «liquidateurs», lors des opérations de «nettoyage» du réacteur accidenté.



Inside the Sarcophagus there are considerable amounts of radioactive dust. As this dust may be released from the Sarcophagus partly in the form of aerosol, that amount at which it occurs and its composition are a matter of great interest. The total mass of radioactive dust inside the Sarcophagus that might be whirled up is estimated to be 1 tonne, its activity  $4.3 \cdot 10^{15}$  Bq. This activity is mostly due to the long-lived nuclides strontium 90 (around 47 %, with a half-life of approx. 28 years) and caesium 137 (around 30 %, with a half-life of approx. 30 years). A spray system installed inside the Sarcophagus periodically releases a latex solution to bind the radioactive dust. It does, however, not reach all areas of the Sarcophagus, and the dust is not permanently bound this way. New dust continues to emerge from the progressive erosion of the reactor building and the decomposition of the lava. The total amount of unbound dust therefore remains almost unchanged. The release of radioactive aerosols from the Sarcophagus through the natural circulation of air is only slight. According to Ukrainian information, it currently lies at  $1.1 \cdot 10^{10}$  Bq/a. Under certain hypothetical accident conditions, e. g. in the event of a crash of larger parts during the stabilisation activities, dust may potentially be whirled up and released into the environment, which might lead to a risk to the personnel working at the power plant site. Studies have shown, however, that even in the case of a collapse of the Sarcophagus, towns lying at some distance from the plant, as e. g. Slavutitch, would effectively remain unaffected.

Fuel element fragments: During the first phase of release (page 6) following the explosion and in the later fire, part of the fuel – some of it reduced to fuel dust or grains – was ejected. These released fuel element fragments have about the same radionuclide composition as they had when still inside the core at the time of the accident (except for the volatile nuclides). There are approx. 13.3 tonnes of uranium in the reactor building – contained in pressure tube and fuel element fragments – that were in part catapulted onto the roof and later thrown back down into the reactor hall by the Liquidators during the clean-up operations.

топливных масс, т. е. около 180 тонн облучённого урана с общей активностью  $7 \cdot 10^{17}$  Бк находятся в саркофаге. Изменениями было доказано, что вызванный аварией выход радиоактивных веществ на промплощадку, территорию бывшего Советского Союза и других стран Европы составил 4 % от первоначальных топливных масс.

В саркофаге находится значительная часть радиоактивной пыли. Так как эта пыль может выйти из саркофага частично в форме аэрозолей, чрезвычайно важно знать её количество и состав. Общая масса способной к поднятию радиоактивной пыли в саркофаге оценивается примерно в 1 тонну, а её активность в  $4,3 \cdot 10^{15}$  Бк. Эта активность в основном приходится на долгоживущие нуклиды стронция 90 (около 47 %, с периодом полураспада около 28 лет) и цезия 137 (около 30 %, с периодом полураспада около 30 лет). Для подавления радиоактивной пыли в саркофаге периодически разбрызгивается латексный раствор с помощью установленной там системы. Однако этим способом достигаются не все помещения саркофага. Кроме того, это пылеподавление не стойкое. Из продуктов продолжающейся эрозии здания реактора и разрушения лавы постоянно образуется новая пыль. Поэтому общее количество несвязанной пыли остаётся почти неизменным. Вызванный естественной воздушной циркуляцией выход радиоактивных аэрозолей из саркофага незначителен. По украинским оценкам в настоящее время он достигает  $1,1 \cdot 10^{10}$  Бк/год. При определённых гипотетических авариях, например при обрушении крупных конструкций во время мероприятий по стабилизации, возможно пылеподнятие с потенциальным частичным выходом аэрозолей в окружающую среду, что привело бы к угрозе для находящегося на площадке станции персонала. Несмотря на это, оценки показывают, что даже при обрушении саркофага такие отдалённые территории как Славутич, практически больше не пострадают.

Обломки топливных элементов: На первой фазе выброса после взрыва (см. стр. 6) и во время последующего пожара,



Blick in den Sarkophag: Zu sehen sind die abgerissenen Leitungen der Strom- und Wasserversorgung.

Photographie prise à l'intérieur du Sarkophage, montrant des conduites d'eau et des câblages coupés

View into the Sarcophagus showing severed water pipes and wiring.

Вид внутри саркофага: видны оборванные линии энерго- и водоснабжения



Strahlung, Wärme und Feuchtigkeit in einen porösen, bimsstein-ähnlichen Zustand übergang. Die Oberflächentemperatur der Lava liegt heute meist im Bereich der Raumtemperatur. Die detaillierte Auswertung der in der Datenbank verfügbaren Informationen zu Radionuklid-Aktivitäten in brennstoffhaltigen Materialien und die somit mögliche Berechnung von Aktivitäts-Verhältnissen von leicht- zu schwerflüchtigen Nukliden gab wertvolle Informationen zum Unfallablauf. So deutete eine Verschiebung der Nuklidverhältnisse in der Brennstofflava zugunsten der schwerflüchtigen Nuklide darauf hin, dass die Lava über einen bestimmten Zeitraum eine sehr hohe Temperatur hatte. Dies wiederum bedeutet, dass exotherme Verhältnisse (Kernspaltung, Kettenreaktion) noch für einen längeren Zeitraum vorhanden waren. Hieraus lässt sich folgern, dass erhebliche Mengen Kernbrennstoff nach dem Unfall im Reaktorgebäude verblieben sind. Die Anreicherung der schwerflüchtigen Nuklide in der Brennstofflava korrelierte sehr gut mit der Abreicherung dieser Nuklide in den brennstoffhaltigen Stäuben im Sarkophag.

In den unteren Räumen des Sarkophags befinden sich ca. 3.000 m<sup>3</sup> Wasser. Dabei handelt es sich um Löschwasser und von außen eingedrungenes Regenwasser. Eine sicherheitstechnisch wichtige Frage ist, ob ein Kontakt dieses Wassers mit der brennstoffhaltigen Lava aufgrund der Moderationswirkung des Wassers zu einer Kettenreaktion führen könnte. Die Möglichkeit einer solchen Rekritikalität wurde in einer Reihe von Untersuchungen als sehr unwahrscheinlich eingeschätzt.

#### 4.2.3 Systeme und Ausrüstungen

Für die Überführung des Sarkophags in ein ökologisch sicheres System ist eine möglichst genaue Kenntnis aller vor der Reaktor-katastrophe vorhandenen sowie danach hinzugefügten Systeme und Ausrüstungen, beispielsweise Lüftungs-, Mess- und Überwachungssysteme oder Systeme zur elektrischen Strom- und Wasserversorgung von großer Bedeutung. Mitarbeiter des NIISK

En outre, des fragments d'éléments de combustible ont été retrouvés dans les niveaux 9 à 43 de l'Unité 4. Avec 33 tonnes, le fragment du cœur (objet n° 2) situé au niveau 9 -12,50, dans la salle 305/2 («Under Reactor Room», salle sous le réacteur), est l'élément le plus important de cette catégorie d'objets. Le débit de dose ambiant le plus élevé est émis par l'objet «CH n° 6», situé dans la salle 914/2 (niveaux 35,50 à 43), avec 26,8 Sv/h.

La présence de lave de combustible indique également que des quantités considérables de combustible nucléaire ont fondu et se sont répandues, par les ouvertures, dans des salles situées en dessous du réacteur. Dans ces salles, le combustible s'est mélangé à d'autres substances et s'est solidifié en une masse vitrifiée, la «lave», qui, avec le temps et sous l'effet des radiations, de la chaleur et de l'humidité, est devenue poreuse et a pris la consistance de la pierre ponce. Aujourd'hui, la température de surface de cette lave est à peu près égale à la température ambiante des salles. L'examen approfondi des informations contenues dans la BD sur les niveaux d'activité des radionucléides dans les FCM et le calcul des taux d'activité de ces radionucléides, en fonction de leur volatilité, a ainsi permis d'obtenir de précieuses informations sur le déroulement de l'accident. Par exemple, une augmentation de la proportion de radionucléides moins volatils dans la lave laisse supposer des températures très élevées pendant certaines périodes. Ce niveau de température indique que des conditions exothermiques (fissions nucléaires, réactions en chaînes) ont persisté pendant une période de temps assez longue. Ceci suggère que des quantités considérables de combustible nucléaire sont demeurées à l'intérieur du bâtiment du réacteur après l'accident, en particulier dans les tubes de pression du réacteur. La concentration en radionucléides moins volatils dans la lave de combustible correspond tout à fait à la diminution de la proportion de ces mêmes radionucléides dans les poussières contenant du combustible, à l'intérieur du «Sarcophage».

Enfin, les salles les plus basses du «Sarcophage» contiennent environ 3 000 m<sup>3</sup> d'eau. Il s'agit d'eau de pluie et de l'eau utilisée

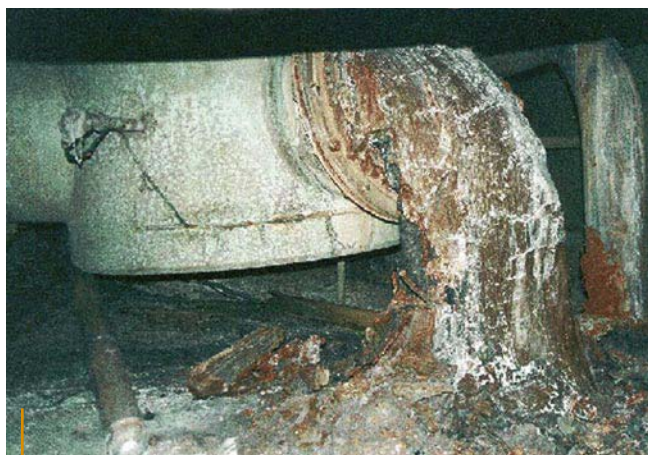


Blick in die zerstörte Warte des Blocks 4

Photographie de la salle de contrôle détruite de l'Unité 4

View of the destroyed control room of Unit 4

Вид разрушенного блочного щита управления 4-го



Nach dem Unfall sind mindestens 150 t Kernbrennstoff im Reaktorgebäude verblieben und befinden sich z. B. in Form von erstarrter Brennstofflava in Rohrleitungen.

Après l'accident, au moins 150 t de combustible nucléaire sont restées à l'intérieur du bâtiment du réacteur, ici sous forme de laves figées dans les tuyauteries.

Following the accident, a minimum of 150 t of nuclear fuel remained inside the reactor building, e. g. as solidified fuel lava in piping.

После аварии в центральном зале осталось не менее 150 т ядерного топлива, находящиеся теперь, например, в форме застывших ЛТСМ в трубопроводах.

Furthermore, fuel element fragments were found on levels 9 to 43 of Unit 4. At 33 tonnes, the core fragment (Object "no. 2") on level 9.0-12.5 in room 305/2 ("Under Reactor Room") has the largest fuel mass of this object class. The highest local dose rate comes from Object "CH no. 6" in room 914/2 (level 35.5 – 43.0) with 26.8 Sv/h.

The fact that fuel lava is present indicates that considerable amounts of the nuclear fuel melted and flowed through openings into rooms further below. Here, it mixed with other substances and solidified to a glass-like mass, the "lava", which over time became porous and pumice-like under the influence of radiation, heat and humidity. Today, the surface temperature of the lava mostly lies within the range of room temperature. The detailed evaluation of the information contained in the database about the radionuclide activity levels in the FCM and the calculation of the activity ratios of highly and less volatile nuclides thus made possible yielded valuable information about the course of the accident. For example, a shift of the nuclide ratio within the fuel lava towards less volatile nuclides indicated very high lava temperatures for a certain period. This in turn means that exothermal conditions (nuclear fission, chain reaction) prevailed for a longer period of time. This suggests the conclusion that considerable amounts of nuclear fuel remained inside the reactor building after the accident. The concentration of less volatile nuclides in the fuel lava correlates very well with the decrease of the amount of such nuclides in the fuel-containing dusts inside the Sarcophagus.

In the lower-lying rooms of the Sarcophagus, there are about 3,000 m<sup>3</sup> of water. This is water from firefighting and rainwater that has seeped inside. One safety-relevant question is whether contact of this water with the fuel-containing lava might lead to a

часть топлива – частично превратившегося в топливную пыль и гранулы – выбрасывалась или разносилась. Вышедшие обломки топливных элементов или фрагменты АЗ показывают примерно тот же радионуклидный состав, что и активная зона к моменту аварии (помимо летучих радионуклидов). В разрушенном реакторном отделении находятся около 13,3 тонн урана – в частях топливных каналов и ФАЗ, – частично выброшенных во время взрыва на кровлю и сброшенных потом оттуда в реакторное отделение ликвидаторами аварии во время работ по ликвидации.

Помимо того, обломки твэл находятся на отметках 9-43 4-го блока. Фрагмент АЗ (объект № 2) на отметках 9,0-12,5 в помещении 305/2 (подапаратном помещении) весом в 33 тонн обладает наибольшей массой топлива данного класса объектов. Наибольшими значением МЭД (26,8 Зв/ч) обладает объект „ЦЗ № 6“ в помещении 914/2 (на отметках 35,5 - 43,0).

Появление лавообразных топливосодержащих масс (ЛТСМ) указывает на то, что значительная масса ядерного топлива расплавилась и вылилась через проёмы в нижележащие помещения. Здесь они смешивались с другими веществами и застывали лавообразной массой, которое со временем под влиянием радиации, тепла и влажности переходила в пористое, пемзообразное состояние. Температура поверхности „лавы“ на текущий момент достигает в основном комнатной температуры. Подробный анализ находящейся в базе данных информации по радионуклидной активности ТСМ и, таким образом, возможные расчёты отношений активности легких к тяжёлым летучим нуклидам предоставили ценную информацию по ходу аварии. Так, перемещение отношения нуклидного состава в ЛТСМ в пользу тяжёлых летучих нуклидов указывает на то, что „лава“ в течение определённого времени обладала очень высокой температурой. Это в свою очередь означает, что экзотермические условия (ядерное расщепление, цепная реакция) продолжались ещё значительное время. Из этого следует вывод, что значительные массы ядерного топлива остались в реакторном отделении и после аварии. Обогащение тяжёлыми летучими нуклидами в ЛТСМ хорошо соотносится с обогащением этих нуклидов в топливной пыли в саркофаге.

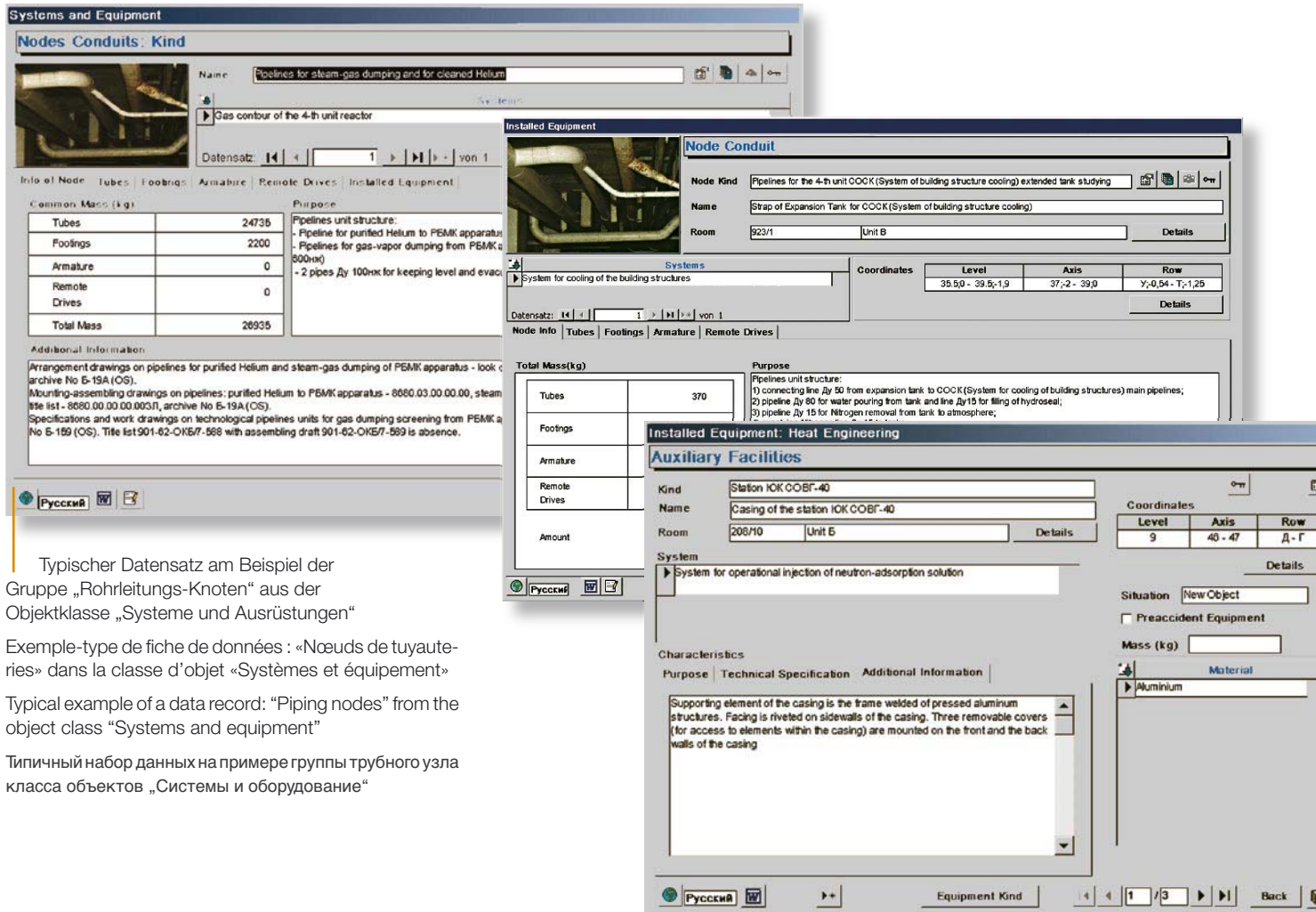
В нижних помещениях саркофага находятся 3.000 м<sup>3</sup> воды. При этом речь идёт о воде пожаротушения и проникнувшей внутрь саркофага дождевой воде. Для безопасности важно ответить на вопрос, насколько из-за свойства воды как замедлителя контакт этой воды с ЛТСМ сможет привести к самопроизвольной цепной реакции. Возможность такой повторной критичности в целом ряде исследований оценивается как очень маловероятная.

#### 4.2.3 Системы и оборудование

Для перевода саркофага в экологически безопасную систему особо важное значение придаётся точным знаниям обо всех находившихся во время и установленных после ядерной катастрофы системах и оборудовании, например, системах вентиляции, измерений и мониторинга или системах энерго- и водоснабжения. Сотрудники НИИСК в сотрудничестве с ПО ЧАЭС, объект „Укрытие“ в Чернобыле, собрали все имеющиеся важные проектные данные.







Typischer Datensatz am Beispiel der Gruppe „Rohrleitungs-Knoten“ aus der Objektklasse „Systeme und Ausrüstungen“

Exemple-type de fiche de données : «Nœuds de tuyauteries» dans la classe d'objet «Systèmes et équipement»

Typical example of a data record: "Piping nodes" from the object class "Systems and equipment"

Типичный набор данных на примере группы трубного узла класса объектов „Системы и оборудование“

trugen in Zusammenarbeit mit dem CNPPOS alle verfügbaren und projektrelevanten Informationen zusammen.

### ► Datenbank-Ergebnisse

Zu 6.352 Systemen und Ausrüstungen liegen spezifische Informationen, z. B. technische Spezifikationen, Materialangaben, genutzte Medien, Feuergefährdung, Systemzweck, Funktionsfähigkeit, Wärmeisolation und Kontamination vor.

#### 4.2.4 ODL-Messungen zur Erfassung der radiologischen Situation auf dem Standortgelände und im Sarkophag

Für alle anstehenden Arbeiten auf dem Standortgelände und am bzw. im Sarkophag ist die Kenntnis der radiologischen Situation von großer Bedeutung. RRCKI war in Kooperation mit dem CNPPOS für die Zusammenstellung dieser Informationen zuständig.

Mithilfe der Datenbank kann die radiologische Situation abgefragt werden, d. h. die Ortsdosisleistung (ODL) und die radioaktive Kontamination in den verschiedenen Räumen des Sarkophags, für das umgebende Standortgelände und für das Dach des

pour éteindre l'incendie qui a suivi l'explosion. Une question importante, relative à la sûreté du site, est de savoir si le contact de cette eau avec la lave de combustible pourrait déclencher une réaction nucléaire en chaîne en raison de l'effet de modérateur de l'eau. Un grand nombre d'études attestent que l'éventualité de la réapparition de ce type de phénomène est très improbable.

#### 4.2.3 Systèmes et équipements

Afin de faire du «Sarcophage» un ensemble écologiquement sûr, il est essentiel d'avoir une connaissance aussi détaillée que possible de tous les systèmes et équipements installés avant ou après l'accident, comme par exemple les dispositifs de ventilation, de mesure et de surveillance ou encore les réseaux d'électricité et d'alimentation en eau de l'installation. NIISK et le CNPPOS ont rassemblé toutes les informations disponibles et pertinentes en relation avec le projet.

### ► Résultats de la base de données

Des informations spécifiques (documents techniques, fiches d'information sur les matériels, descriptions des fonctions et des systèmes, etc) sont disponibles pour 6 352 systèmes et objets.

nuclear chain reaction due to the moderating effect of the water. The possibility of such a resurgence of criticality was considered highly unlikely by a range of studies.

#### 4.2.3 Systems and equipment

To transform the Sarcophagus into an ecologically safe system, it is essential to have as detailed knowledge as possible of all systems and equipment installed before and added after the catastrophe, such as ventilation, measuring and monitoring systems or electricity and water supply systems. NIIISK staff joined forces with the CNPPOS to compile all the information that was available and relevant in connection with the project.

#### ► Database results

Special information is available for 6,352 systems and items of equipment, e. g. technical specification documents, material data sheets, information about media employed, fire hazards, descriptions of system functions, functional performance, thermal insulation, and contamination.

#### 4.2.4 Local dose rate measurement to describe the radiological situation on the industrial site and inside the Sarcophagus

For all work to be done on the industrial site as well as on the outside and inside the Sarcophagus, knowledge of the radiological situation is essential. The RRCKI and the CNPPOS shared the task of compiling the relevant information.

With the help of the database it is now possible to retrieve information about the radiological situation, i. e. the local dose rate and the radioactive contamination, for the various rooms of the Sarcophagus, the surrounding industrial site, and the roof of the Sarcophagus. The available local dose rate values can be represented graphically and interpolated between the individual measuring points with the GIS system (visual navigator), and accumulated radiation exposure levels of individuals when staying within a radiation field can be determined.

##### 4.2.4.1 Radiological situation in the rooms of the Sarcophagus

Measurements to assess the radiological situation have been performed in all of the approx. 1,000 rooms of the Sarcophagus. These rooms were categorised according to the respective measuring results. It turned out that there were increased local dose rates in 162 rooms of Unit 4. These are now the object of continuous detailed measuring. Rooms that could only be accessed with difficulty or that were not accessible at all were explored by drilling a total of 133 drilling channels in which i. a. the local dose rate was measured in dependence of channel depth. Radiochemical analyses and assessments supplement the local dose rates measured on-site. Apart from the data of the radiochemical analysis of the extracted trepan cores there are also further measured data and their evaluations available.

#### ► Результаты в базе данных

По 6.352 системам и элементам оборудования имеются конкретные данные, как например, технические спецификации, данные по материаловедению, использованным средам, пожарной безопасности, предназначению систем, их работоспособности, теплоизоляции и степени загрязнения.

#### 4.2.4 Измерения МЭД для учёта радиационной обстановки на прилегающей территории и внутри саркофага

Для предстоящих работ на прилегающей территории и в саркофаге особо важно знать радиационную обстановку. За сбор этой информации отвечал РНЦ КИ в Москве в сотрудничестве с ПО ЧАЭС, объект „Укрытие“.

С помощью базы данных можно проводить опрос по радиационной обстановке, т. е. мощности экспозиционной дозы (МЭД) и радиоактивному загрязнению в различных помещениях саркофага, на прилегающей территории и на кровле саркофага. С помощью системы ГИС (визуального навигатора) имеющиеся значения МЭД могут быть представлены графически и интерполированы между отдельными пунктами измерений, а также установлена аккумулированная радиационная нагрузка для пребывания в данном радиационном поле.

##### 4.2.4.1 Радиационная обстановка в помещениях саркофага

В примерно 1.000 помещений саркофага были проведены измерения значений МЭД. На основе результатов измерений



Der „Elefanten-Fuß“ (erstarrte Brennstofflava) im Raum 217/2

Le «piéd d'éléphant» (lave de combustible solidifiée) dans la salle 217/2

The “Elephant’s Foot” (solidified fuel lava) in room 217/2

„Слоновая нога“ (застывшие ЛТСМ) в помещении 217/2





Sarkophags. Mit Hilfe des GIS-Systems (visueller Navigator) können die ODL-Werte grafisch dargestellt, zwischen einzelnen Messpunkten interpoliert und akkumulierte Strahlenexposition beim Aufenthalt im Strahlungsfeld ermittelt werden.

#### 4.2.4.1 Radiologische Situation in den Räumen des Sarkophags

In den ca. 1.000 Räumen des Sarkophags wurden die ODL-Werte gemessen. Anhand der Messergebnisse wurden diese Räume kategorisiert. Es stellte sich heraus, dass in 162 Räumen des Blocks 4 erhöhte ODL-Werte auftraten. Dort werden kontinuierlich detaillierte Messungen durchgeführt. Schwer oder nicht zugängliche Räume wurden in der Vergangenheit zusätzlich durch 133 Bohrkanäle erkundet, in denen u. a. ODL-Werte in Abhängigkeit von der Kanaltiefe gemessen wurden. Neben radiochemischen Analysen der Bohrkerns liegen weitere umfangreiche Messdaten und deren Bewertungen vor.

##### ► Datenbank-Ergebnisse

In vielen Räumen des Sarkophags gibt es praktisch keine Kontamination. Einige Räume jedoch sind nur für kurze Zeit begehbar oder wenigstens mit Robotern zugänglich. Dort wird die zulässige Jahresdosis für beruflich strahlenexponierte Personen von 50 mSv pro Jahr bereits nach einem Aufenthalt von höchstens einer Stunde erreicht.

Beispielhaft sei die Strahlenexposition durch  $\gamma$ -Strahlung in den Räumen des Blocks 4 aufgeführt. Im Reaktorsaal treten Spitzenwerte von bis zu ca. 21 Sv/h auf. Ähnlich hohe Dosiswerte weisen die Räume 012/6 und 012/15 (Nasskondensationsräume; Spitzenwerte ca. 15 Sv/h), die Räume 210/6 und 2.10/7 Dampfverteilerkorridor; Spitzenwerte 12,8 Sv/h), die Räume unter dem Reaktor 3.05/2 (Spitzenwerte 12 Sv/h) auf. Im Raum 217/2 (Wartungskorridor; Spitzenwerte 11 Sv/h) befindet sich der so genannte „Elefanten-Fuß“ – geschmolzenes Brennstoff-

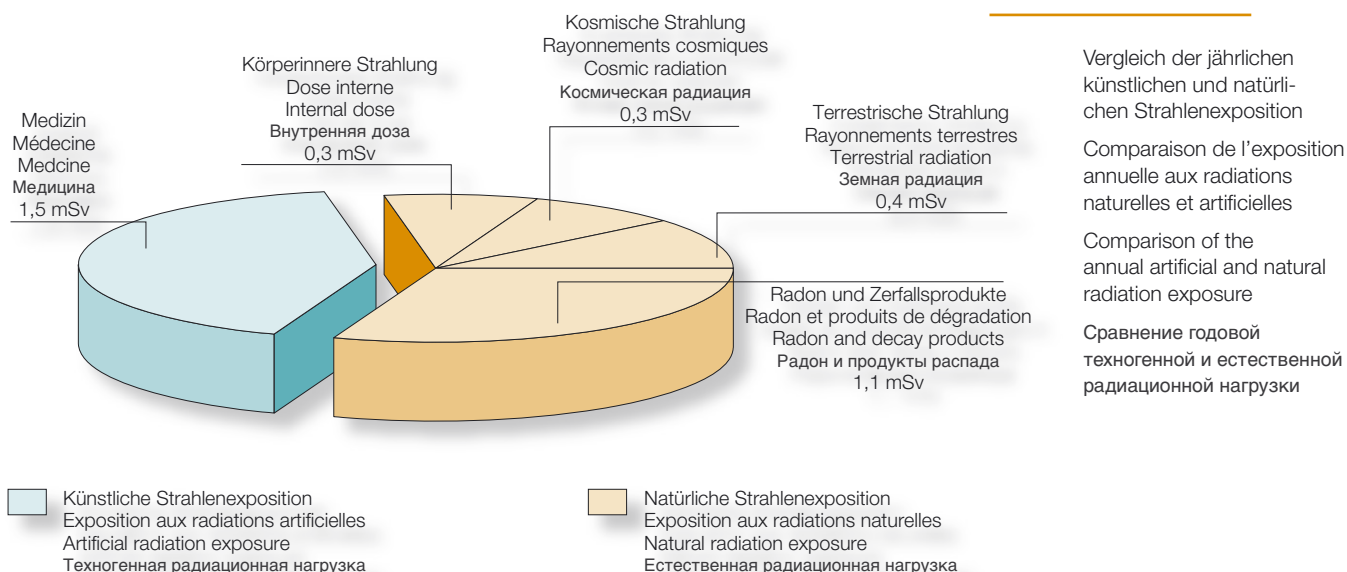
#### 4.2.4 Mesures des débits de dose ambiant permettant de décrire la situation radiologique sur le site industriel et à l'intérieur du Sarkophage

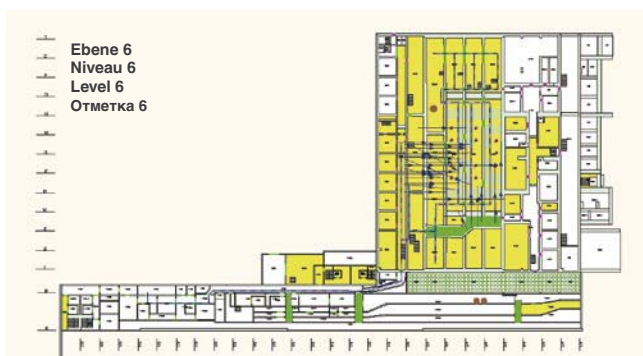
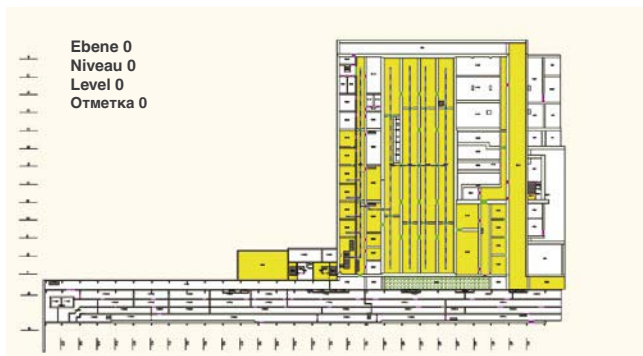
Il est fondamental d'être informé avec précision de la situation radiologique (c'est-à-dire du débit de dose ambiant et de la contamination radioactive) avant d'effectuer des travaux sur le site industriel ainsi qu'à l'intérieur du «Sarcophage». L'Institut Kurchatov et le CNPPOS ont conjointement réalisé la collecte des informations pertinentes sur le sujet.

Grâce à la BD mise en place, il est désormais possible d'obtenir des informations sur la situation radiologique pour l'ensemble des salles du «Sarcophage» et le toit de cet édifice ainsi que sur le site industriel alentour du «Sarcophage». Les valeurs de débit de dose ambiant disponibles peuvent être représentées graphiquement, et interpolées entre les points de mesure individuels grâce au système SIG, et les niveaux de rayonnement cumulés auxquels s'exposent les individus en demeurant dans un champ de radiation peuvent être évalués.

#### 4.2.4.1 Situation radiologique dans les salles du Sarkophage

Des mesures visant à évaluer la situation radiologique à l'intérieur du «Sarcophage» ont été effectuées dans presque toutes les 1 000 salles qu'il contient. Cette étude a permis d'identifier des débits de dose ambiants importants dans 162 salles de l'Unité 4. Des relevés ont pu être effectués dans les salles d'accès difficile, voire impossible, grâce au perçage de 133 trous de forage, dans lesquels le débit de dose (entre autres paramètres) a été mesuré en rapport avec la profondeur des forages. Les salles ont ensuite été classées en fonction des valeurs mesurées. Celles-ci font désormais l'objet de mesures détaillées et continues. Des analyses et des évaluations radiochimiques des matières extraites des trous de forage viennent compléter les débits de dose locaux relevés sur le site.





Lage der Räume mit ODL-Messwerten (gelb) im Sarkophag

Locaux où ont été mesurées des valeurs de débits de dose ambiante (en jaune) à l'intérieur du «Sarcophage»

Locations of the rooms with measured local dose rate values (yellow) inside the Sarcophagus

Помещения с данными измерений МЭД (жёлтый цвет) в саркофаге

проводилась категоризация этих помещений. Выяснилось, что для 162 помещений 4-го блока зарегистрированы повышенные значения МЭД. В них постоянно проводятся подробные измерения. Труднодоступные и недоступные помещения ранее дополнительно исследовались с помощью 133 скважин, в которых измерялись значения МЭД в зависимости от глубины скважины. Кроме анализов радиохимического состава образцов-кернов, в распоряжении имеются многочисленные данные измерений и их оценки.

### ► Результаты в базе данных

Во многих помещениях саркофага практически отсутствует радиоактивное загрязнение. Но в некоторые помещения возможен доступ только на короткое время или только для роботов. В них допустимая годовая доза 50 мЗв/год для профессионально подверженных облучению достигается уже при пребывании не более одного часа.

Как пример показана величина нагрузки  $\gamma$ -излучения в помещениях 4-го блока. В центральном зале измеряются максимальные значения до около 21 Зв/ч. Примерно такие же высокие значения нагрузки измеряются и для помещений 012/6 и 012/15 (помещения бассейна-барботёра; макс. значения около 15 Зв/ч), помещений 210/6 и 2.10/7 (парораспределительный коридор; макс. значения около 12,8 Зв/ч), подапаратного помещения 305/2 (макс. значения около 12 Зв/ч). В помещении 217/2 (коридор обслуживания; макс. значения около 11,0 Зв/ч) находится т. н. «Слоновая нога» – расплавленные ЛТСМ. Эти очень высокие дозы МЭД объясняются наличием ТСМ в различных помещениях, находящихся там в больших количествах без экранирования.

Радиоактивное загрязнение соседних с реакторным блоком участков сооружения различно. Например, деаэраторная этажерка загрязнена довольно слабо, так как стены её в основном остались неповреждёнными. Поэтому радиоактивный материал едва мог туда проникнуть. В отличие от этого, в машзал, кровля которого частично была разрушена, проникли части выброшенного из здания реактора ядерного топлива, радиоактивно загрязнённая вода пожаротушения и радиоактивная пыль. На 2005 год МЭД в машзале показала макс. значение 100 мЗв/ч; а на кровле над разрушенным реактором она максимально равна 80 мЗв/ч.

Помещения на отметке 9 представляют большой интерес, так как здесь накопилась большая масса оставшегося в саркофаге ядерного топлива. Так как эти помещения труднодоступны из-за бетонного залива и макс. значение в МЭД в них достигает 2 Зв/ч, уже в одних этих помещениях пробурены 76 скважин для исследования имеющихся топливных масс. Приблизительные оценки показывают, что здесь залегают около 30 тонн ТСМ.

Однако доступ людей в эти помещения пока не представляется возможным из-за завалов, заливов бетонов и исключительно высокого уровня радиации.



Erkundungsbohrung auf der Ebene 9

Forage d'exploration au niveau 9

Exploratory drilling on level 9

Исследовательская скважина на отметке 9

haltiges Lavamaterial. Die sehr hohen ODL-Werte sind auf die brennstoffhaltigen Materialien in den verschiedenen Räumen zurückzuführen, die dort ohne Abschirmung in großen Mengen vorhanden sind.

Die Kontamination der an den zerstörten Reaktorblock angrenzenden Gebäudeteile ist unterschiedlich. Die Entgaseretage ist beispielsweise nur relativ schwach kontaminiert, da dort die meisten Wände intakt blieben. Deshalb konnte radioaktives Material kaum eindringen. Dagegen gelangten in das Maschinenhaus, dessen Dach teilweise zerstört wurde, Teile des beim Unfall aus dem Reaktorgebäude geschleuderten Kernbrennstoffs, kontaminiertes Löschwasser und radioaktiver Staub. Die Ortsdosisleistung im Maschinenhaus ergab für 2005 einen Wert von maximal 100 mSv/h; auf dem Dach über dem zerstörten Reaktor erreicht sie Werte von maximal 80 mSv/h.

Die Räume der Ebene 9 sind von großem Interesse, da sich dort große Mengen des im Sarkophag verbliebenen Kernbrennstoffs angesammelt haben. Da diese Räume durch Betonverfüllungen nur schwer zugänglich sind und ODL-Spitzenwerte von bis zu 2 Sv/h auftreten, wurden allein dort 76 Bohrungen durchgeführt, um die vorhandenen Brennstoffmengen genauer zu erkunden. Abschätzungen zeigen, dass dort ca. 30 t brennstoffhaltige Materialien lagern.

Ein Vordringen von Menschen dorthin ist jedoch auf Grund von Verschüttungen, Betonverfüllungen und extrem hoher Strahlenpegel bisher nicht möglich.

#### 4.2.4.2 Radiologische Situation auf dem Dach des Sarkophags

Insgesamt 509 ODL-Messwerte charakterisieren die radiologische Situation auf dem Dach des Sarkophags.

#### ► Résultats de la base de données

De nombreuses salles à l'intérieur du «Sarcophage» ont été quasiment épargnées par la contamination. En revanche, il n'est possible de pénétrer dans certaines salles que pendant une courte durée ou seulement avec des robots. Dans ces salles, la dose maximale autorisée pour un professionnel, qui est de 50 mSv par an, est atteinte en une heure au maximum.

L'illustration montre le degré de contamination par rayonnement  $\gamma$  dans les locaux de l'Unité 4. Dans le hall réacteur, on mesure des pics autour de 21 Sv/h. Des niveaux de débit de dose similaires sont atteints dans les salles 012/6 et 012/15 («Rooms of Pressure Suppression Pool»), où les rayonnements maximaux oscillent autour de 15 Sv/h, dans les salles 210/6 et 210/7 («Steam Distribution Corridor»), où la valeur maximum est de 12,8 Sv/h, ainsi que dans les salles 305/2 situées sous le réacteur, avec une exposition maximum de 12 Sv/h. C'est dans la salle 217/2 («Service Corridor»), où le niveau maximum d'irradiation atteint 11 Sv/h, que l'on trouve le fameux «pied d'éléphant» («elephant foot»), une concrétion de lave fondue contenant du combustible. Les niveaux extrêmement élevés de débits de dose ambiants relevés dans ces salles sont attribuables aux FCM qui s'y trouvent et qui ne sont pas confinés.

Les niveaux de contamination des bâtiments adjacents au réacteur détruit varient. En particulier, la contamination est relativement faible lorsque les murs sont demeurés intacts et que les matières radioactives pouvaient difficilement y pénétrer. A l'inverse, une partie du combustible nucléaire éjecté du bâtiment du réacteur, ainsi que de la poussière radioactive, ont pu entrer dans le bâtiment de la turbine, dont le toit avait été partiellement détruit. Dans ce bâtiment, la plus haute valeur mesurée en 2005 était de 100 mSv/h; sur le toit au-dessus du réacteur détruit, la valeur maximale est de 80 mSv/h.

Les salles du niveau 9 sont extrêmement intéressantes car de grandes quantités de combustible demeuré à l'intérieur du «Sarcophage» s'y sont amassées. Etant donné que ces salles sont difficilement accessibles, la plupart d'entre elles ayant été remplies de béton, et que les débits de dose peuvent s'élever à 2 Sv/h, 76 trous de forage y ont été creusés afin d'étudier plus en détail les quantités de combustible existantes. On estime que cette partie du bâtiment renferme environ 30 tonnes de matières contenant du combustible. Cependant, jusqu'à présent, personne n'a pu s'aventurer plus loin dans ces salles à cause des débris, du béton qui y a été coulé et des niveaux de radiation extrêmement élevés.

#### 4.2.4.2 Situation radiologique sur le toit du Sarkophage

Afin de caractériser la situation radiologique sur le toit du «Sarcophage», 509 relevés de débit de dose ambiant ont été effectués.

#### ► Résultats de la base de données

Sur le toit du Sarkophage, les rayonnements peuvent atteindre 80 mSv/h directement au-dessus du hall réacteur. Ceci est dû

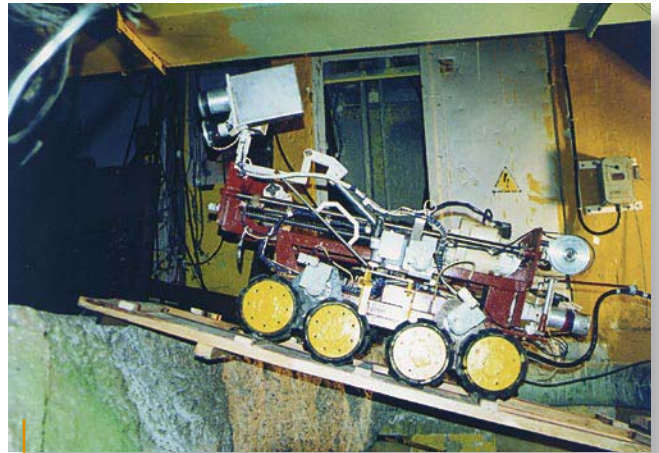


## ► Database results

Many rooms inside the sarcophagus are practically free of contamination. Some rooms, however, can only be entered for a short time or only with robots. Here, the maximum permissible annual dose for an occupationally exposed individual of 50 mSv per year will already be reached after a stay of one hour at the most.

An example is the extent of the contamination due to  $\gamma$ -radiation in the rooms of Unit 4. In the reactor hall, peak levels of up to approx. 21 Sv/h occur. Similarly high dose rate levels are reached in rooms 012/6 and 012/15 ("Rooms of Pressure Suppression Pool"; peak rate approx. 15 Sv/h), rooms 210/6 and 210/7 ("Steam Distribution Corridor"; peak rate 12.8 Sv/h), rooms 305/2 under the reactor (peak rate 12 Sv/h). In room 217/2 ("Service Corridor"; peak rate 11 Sv/h) there is the so-called "Elephant's Foot" – a mass of molten fuel-containing lava material. The very high local dose rate levels can be put down to the fuel-containing materials in the different rooms which occur here in large amounts without any shielding.

Contamination of the buildings adjacent to the destroyed NPP Unit varies. For example, there is relatively little contamination at the level housing the deaerator system since most walls remained intact here and radioactive material could hardly enter. On the other hand, part of the nuclear fuel that was ejected

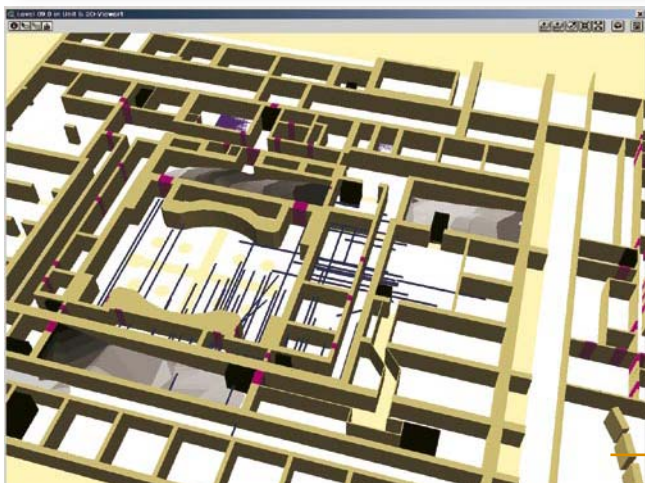
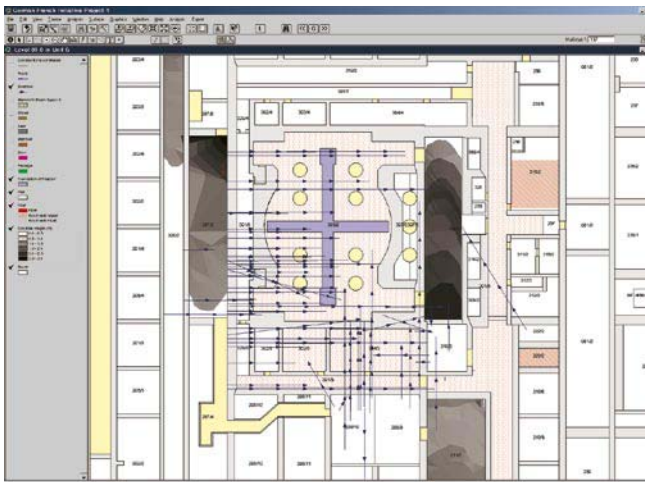


ODL-Messungen im Sarkophag: Einige Räume des Sarkophags sind nur für kurze Zeit begehbar oder nur mit Robotern zugänglich.

Relevé de débit de dose ambiant à l'intérieur du Sarkophage : l'accès à certaines salles n'est possible que pendant une courte durée ou seulement avec des robots.

Local dose rate measurements inside the Sarcophagus: some rooms can only be entered for a short time or only with robots.

Измерения МЭД в саркофаге: в некоторые помещения саркофага доступ возможен только на короткое время или только для роботов.



Lage der 76 Erkundungsbohrungen auf der Ebene 9 (oben: Lageplan; unten: 3D-Ansicht)

Localisation des 76 forages d'exploration au niveau 9 (En haut : plan du site ; en bas : image en 3D)

Situation of the 76 exploration drilling channels on level 9 (top: site plan; down: 3D view)

Расположение 76 исследовательских скважин на отметке 9 (сверху - план; внизу - трёхмерное изображение)



## ► Datenbank-Ergebnisse

Auf dem Dach direkt über dem Reaktorsaal des Blocks 4 treten Spitzenwerte von bis zu 80 mSv/h auf. Hervorgerufen wird dies durch die nicht vollständig abgeschirmte Strahlung aus dem Inneren des Sarkophags und durch den Austrag radioaktiver Partikel während und nach der Bauphase. Alle Arbeiten auf dem Dach sind für das Personal mit einer erheblichen Strahlenbelastung verbunden und müssen deshalb detailliert geplant und kontrolliert werden.

### 4.2.4.3 Radiologische Situation auf dem Standortgelände des Sarkophags

Zur radiologischen Situation auf dem Standortgelände des Blocks 4 sind in der Datenbank insgesamt 534 ODL-Messwerte erfasst.

## ► Datenbank-Ergebnisse

Spitzenwerte von bis zu 2,25 mSv/h treten insbesondere südlich der Turbinenhalle auf. Dort sind während des Unfalls brennstoffhaltige Materialien abgelagert und später zugeschüttet worden.

### 4.2.5 Messsysteme

Die Informationen zum Einfluss des gegenwärtigen Zustands des Sarkophags auf die Umgebung sind z. B. für die Planung vorbereitender Arbeiten im Hinblick auf Stabilisierungsmaßnahmen für den Sarkophag von besonderem Interesse. Das ISTC in Tschernobyl stellte diese Informationen zusammen. Sie basieren auf den Ergebnissen folgender Messsysteme zur Umweltüberwachung am Standort:

- Messbrunnen zur Überprüfung des Grundwassers und Bohrschächte zur Überprüfung des Bodens,
- Adsorptions-Sammler auf dem Dach des Sarkophags,
- Saugfilter (Aspirations-Sammler) mit künstlichem Luftdurchsatz.

Gleichzeitig werden relevante meteorologische Daten erfasst, z. B. Niederschlag und Außentemperatur.

#### 4.2.5.1 Grundwasser-Messbrunnen

Auf dem Standortgelände um den Sarkophag wurden insgesamt 34 Messbrunnen errichtet. Sie dienen dazu, das Grundwasser, das unter dem Standort nordöstlich in Richtung des Flusses Pripjat abfließt, hydrogeologisch, chemisch und radiologisch zu überwachen.

Die systematische Überwachung des Grundwassers begann 1991. Bis 1996 wurde nur der nördliche Teil des Standortge-



Dekontaminationsmaßnahmen auf dem Dach des Sarkophags

Opérations de décontamination sur le toit du «Sarcophage»

Decontamination measures on the roof of the Sarcophagus

Мероприятия по дезактивации на кровле саркофага

au manque total de protection contre les radiations à l'intérieur de l'édifice et au rejet de particules radioactives pendant et après la phase de construction. De fait, tout travail sur ce toit est extrêmement exposé aux radiations ; les interventions sur cette partie du «Sarcophage» doivent donc être méticuleusement planifiées et étroitement surveillées.

### 4.2.4.3 Situation radiologique sur le site industriel du Sarkophage

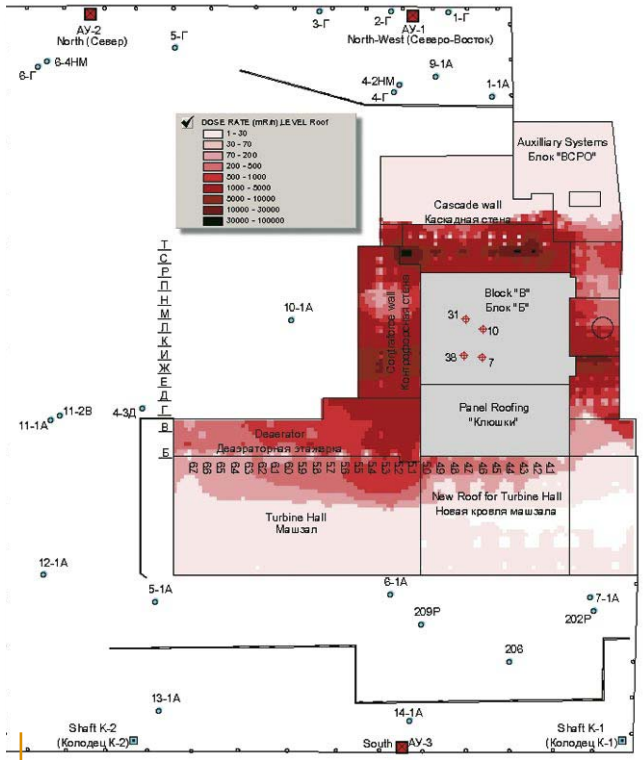
La base de données comprend 534 relevés de débit de dose ambiant liés à la situation radiologique sur le site industriel de l'Unité 4.

## ► Résultats de la base de données

Les niveaux de rayonnement les plus élevés, jusqu'à 2,25 mSv/h, sont essentiellement localisés au sud du bâtiment de la turbine. C'est en particulier là que des matières contenant du combustible, déposées pendant l'accident, ont été enfouies.

### 4.2.5 Systèmes de mesures

Les données concernant l'influence que l'état du «Sarcophage» exerce actuellement sur son environnement immédiat présentent un intérêt particulier pour la planification des travaux préparatoires relatifs aux mesures de stabilisation de l'édifice. L'ISTC a produit ces données sur la base des résultats obtenus grâce aux



Das  $\gamma$ -Strahlungsfeld auf dem Dach des Sarkophags

Champ de radiations  $\gamma$  sur le toit du „Sarcophage“

$\gamma$ -radiation field on the roof of the Sarcophagus

Поле  $\gamma$ -излучения на кровле саркофага

from the reactor building as well as contaminated water from firefighting and radioactive dust could enter into the turbine building which had its roof partly destroyed. In the turbine building, the maximum value for 2005 was 100 mSv/h; on the roof above the destroyed reactor, it reaches maximum values of up to 80 mSv/h.

The rooms at level 9 are of great interest because large amounts of the fuel that remained inside the Sarcophagus have collected here. As these rooms are hardly accessible due to the fact that much of them has been filled with concrete and since peak local dose rates of up to 2 Sv/h occur here, no less than 76 boreholes were drilled here in order to be able to explore in more detail the existing fuel amounts. It is estimated that approx. 30 t of fuel-containing materials can be found in this location.

So far, however, it has not been possible for humans to penetrate further due to the blockage through debris, the concrete that was poured inside, and the extremely high radiation levels.

#### 4.2.4.2 Radiological situation on the roof of the Sarcophagus

A total of 509 local dose rate measurements characterise the radiological situation on the roof of the Sarcophagus.

#### 4.2.4.2 Радиационная обстановка на кровле саркофага

В общей сложности 509 значений МЭД в целом характеризуют радиационную обстановку на кровле саркофага.

##### ► Результаты в базе данных

На кровле непосредственно над зданием центрального зала 4-го блока измеряются максимальные значение до 80 мЗв/ч. Это вызвано не полностью экранированной радиацией из саркофага и выносом радиоактивных частиц во время и после фазы строительства. Все работы персонала на кровле связаны со значительной радиационной нагрузкой и поэтому должны подробно планироваться и проверяться.

#### 4.2.4.3 Радиационная обстановка в окружении саркофага

По радиационной обстановке в окружении 4-го блока в базе данных собраны в общей сложности 534 значений МЭД.

##### ► Результаты в базе данных

Максимальные значения до 2,25 мЗв/ч особенно сильно проявляются южнее машзала. Там во время аварии накапливались ТСМ, которые затем были засыпаны.

#### 4.2.5 Измерительная аппаратура

Сведения по влиянию текущего состояния саркофага на окружение представляют особый интерес, например, для планирования подготовительных работ с целью проведения мероприятий по стабилизации саркофага. МНТЦ в Чернобыле составляет эти данные на основе результатов измерений следующих систем мониторинга радиационной обстановки на площадке саркофага:

- Исследовательские колодцы для проверки состояния грунтовых вод и скважины для проверки состояния грунта,
- Адсорбирующие планшеты на кровле саркофага,
- Аспириционные установки с подводом воздуха.

Одновременно учитываются такие важные метеорологические данные, как осадки и температура окружающей среды.

#### 4.2.5.1 Колодцы наблюдения за грунтовыми водами

В целом на площадке саркофага было сооружено 34 наблюдательных колодца. Они используются для



ländes ein- bis zweimal monatlich beprobt (Brunnen der Serie „G“). Seit 1996 werden die zusätzlichen Brunnen der Serie „A“ vierteljährlich im Rahmen eines hydrologischen Monitoring-Programms analysiert. 1998 wurden fünf weitere Brunnen errichtet und ins Überwachungssystem integriert. Aus der Überwachung des Grundwassers resultieren insgesamt 4.468 Datensätze, die in der Datenbank erfasst wurden.

### ► Datenbank-Ergebnisse

Aus den einzelnen Messdaten der Grundwasserbrunnen lässt sich u. a. für eine zeitlich definierte Periode die durchschnittliche Verteilung der Aktivitätskonzentrationen von Strontium 90 und Caesium 137 sowie die Höhe des Grundwasserpegels interpolieren, flächenhaft darstellen und im 3D-Modus anzeigen.

Die ukrainische Strahlenschutzverordnung (NRBU-97) schreibt Grenzwerte für die Kontamination des Trinkwassers von 96 Bq/l für Caesium 137 sowie von 45 Bq/l für Strontium 90 vor. Diese Grenzwerte können an einzelnen Messbrunnen auf dem Standort jahreszeitlich bedingt überschritten werden. Im Mittel sanken jedoch beispielsweise die Werte für die nördlichen Brunnen (abströmendes Wasser) Anfang der 90-er Jahre kontinuierlich ab und liegen seit 1997 unter diesen Grenzwerten.

### 4.2.5.2 Luft-Messstellen

#### 4.2.5.2.1 Adsorptions-Sammler

Die Gesamtfläche von verschiedenartigen Öffnungen des Sarkophags beträgt nach Einschätzung von Experten ca. 120 m<sup>2</sup>. Eine natürliche Konvektion bewirkt einen ständigen Luftaustausch mit der Umgebung. Die kontinuierliche Überwachung der an die Umwelt abgegebenen Aktivitäten ist deshalb unerlässlich.

Ende der 90er Jahre wurden vier Messstationen auf dem Dach des Sarkophags über den Wartungsluken 7, 10, 31 und 38 errichtet. Jeder Adsorptions-Sammler hatte eine Fläche von je 0,4 m<sup>2</sup>, die mit einem speziellen Adsorptions-Ölfilm präpariert wurde und mit jeweils drei unterschiedlichen Messgeometrien (obere, untere und seitliche Adsorptions-Gitter) ausgestattet war. Die verschiedenen Messgeometrien dienen dazu, lokale Konvektionseinflüsse auszuschalten. Die Adsorptions-Sammler wurden monatlich gewechselt und vermessen.

Von diesen vier Messplätzen wurden insgesamt 1.128 Datensätze zu den nuklidspezifischen Aktivitäten von Americium 241, Caesium 137, Plutonium 238, 239 und 240 sowie Strontium 90 in die Datenbank eingespeist.

### ► Datenbank-Ergebnisse

Durch Direktmessung an 15 Adsorptions-Gittern (exponiert vom 15. April 1999 bis zum 15. September 1999) und an 20 Filtern (exponiert vom 13. Januar 1998 bis zum 21. April 1998) wurde u. a. das Verhältnis der Nuklidaktivitäten von Strontium 90 und Caesium 137 ermittelt. Es ergab sich ein Verhältnis der Aktivitäten

systemen de mesures suivants, utilisés pour la surveillance de l'environnement sur le site :

- les puits de prélèvement d'eau dans la nappe phréatique et les puits de forages pour le contrôle du sol
- les appareils destinés au piégeage d'aérosol sur le toit du Sarcophage ;
- les filtres à air (collecteurs d'aspiration).

Concomitamment, les données météorologiques pertinentes, comme le niveau des précipitations et la température extérieure, ont également été enregistrées.

### 4.2.5.1 Puits de mesures dans la nappe phréatique

Un total de 34 puits de mesure ont été creusés sur le site industriel autour du Sarcophage. Ils sont utilisés pour le suivi hydrogéologique, chimique et radiologique de la nappe phréatique située au-dessous du site et coulant en direction du nord-est, vers la rivière Pripyat.

Le suivi régulier de la nappe phréatique a commencé en 1991. Jusqu'en 1996, deux échantillons étaient prélevés chaque mois, uniquement dans la partie Nord du site industriel (puits de série «G»). Depuis 1996, des échantillons trimestriels de puits complémentaire (puits de série «A») sont analysés dans le cadre d'un programme de suivi hydrologique. En 1998, cinq nouveaux puits ont été creusés et intégrés au système de surveillance. Ce suivi de la nappe phréatique a permis de recueillir plus de 4 468 relevés différents, insérés dans la base de données.

### ► Résultats de la base de données

Les valeurs mesurées dans les puits permettent, pour une période donnée, d'interpoler la distribution moyenne de la concentration des radiations émises par le strontium 90 et le césium 137 ainsi que le niveau de la nappe phréatique. Une représentation en 2D ou en 3D est possible.

L'ordonnance ukrainienne de protection contre les radiations (NRBU-97) définit des limites de contamination pour l'eau potable, à savoir 96 Bq/l pour le césium 137 et 45 Bq/l pour le strontium 90. En fonction de l'époque de l'année, ces limites peuvent être dépassées sur certains puits de mesure du site. En moyenne, cependant, les valeurs relevées, par exemple aux puits Nord (percés à l'endroit où l'eau s'écoule) diminuent continuellement depuis le début des années 1990 et sont demeurées en dessous des limites précitées depuis 1997.

### 4.2.5.2 Points de mesure atmosphérique

#### 4.2.5.2.1 Collecteurs d'adsorption

D'après les évaluations des experts, la surface totale des ouvertures pratiquées dans le «Sarcophage» est d'environ



## ► Database results

On the roof, directly above the reactor hall of Unit 4, there are peak levels of up to 80 mSv/h. These occur because of the lack of complete shielding of the radiation inside the Sarcophagus and the release of radioactive particles during and after the construction phase. Any work on the roof implies a considerable radiation exposure for the personnel and therefore has to be meticulously planned and closely monitored.

### 4.2.4.3 Radiological situation on the industrial site of the Sarcophagus

The database contains a total of 534 local dose rate measurements relating to the radiological situation on the industrial site of Unit 4.

## ► Database results

Peak levels of up to 2.25 mSv/h occur especially to the south of the turbine building. This is where fuel-containing materials deposited during the accident and were later buried.

### 4.2.5 Measuring systems

The information on the present influence of the condition of the Sarcophagus on its surroundings is of particular interest for the planning of preparatory work with regard to stabilisation measures for the Sarcophagus. The ISTC in Chernobyl compiled this information on the basis of the results obtained with the following measuring systems used for environmental monitoring at the site:

- measuring wells for monitoring groundwater and boreholes for monitoring the soil
- adsorption collectors on the roof of the Sarcophagus
- air inlet filters (aspiration collectors) with artificial air flow.

At the same time, relevant meteorological data, such as precipitation and outer temperature, are also recorded.

#### 4.2.5.1 Groundwater measuring wells

A total of 34 measuring wells were dug on the industrial site around the Sarcophagus. They serve for the hydrogeological, chemical and radiological monitoring of the groundwater flowing underneath the site in north-easterly direction towards the river "Pripyat". At the same time, relevant atmospheric data such as precipitation and atmospheric temperature are recorded.

Systematic groundwater monitoring was begun in 1991. Until 1996, two monthly samples were taken from the northern part of the industrial site only (Series «G» well). Since 1996, quarterly samples from the additional Series «A» wells have been analysed as part of a hydrological monitoring programme. In 1998, a further

hydrogeological, chemical and radiological monitoring of groundwater flowing underneath the site in north-easterly direction towards the river "Pripyat".

Periodic monitoring of groundwater began in 1991. Until 1996, measurements were taken 1-2 times a month only for the northern part of the site (Series «G» wells). Starting in 1996, quarterly samples were taken in the framework of a hydrological monitoring programme. In addition, Series «A» wells were analysed. In 1998, 5 additional wells were installed and integrated into the monitoring system. As a result of the monitoring of groundwater, 4,468 data sets were obtained, which were entered into the database.

## ► Результаты в базе данных

On the basis of separate measurement results of monitoring wells, it is possible to perform interpolation, graphical representation and a three-dimensional model of the average distribution of radionuclide concentrations of strontium 90 and cesium 137, as well as the level of groundwater.



Beprobung der Grundwassermessstellen auf dem Standortgelände des Sarkophags

Prise d'échantillons aux points de mesure de la nappe phréatique sur le site industriel du Sarkophage

Taking samples from the groundwater measuring points on the industrial site of the Sarcophagus

Взятие проб грунтовых вод на площадке саркофага



von Strontium 90 zu Caesium 137 von ca. 0,4. Der Vergleich des gemessenen Nuklid-Verhältnisses mit dem zum Zeitpunkt des Reaktorunfalls 1986 von 0,8, lässt den Schluss zu, dass bei der Freisetzung während des Unfalls eine erhebliche Anreicherung des leichter flüchtigen Caesiums 137 gegenüber dem schwerer flüchtigen Strontium 90 stattgefunden hat.

#### 4.2.5.2.2 Saugfilter

In einer Entfernung von 60 bis 100 Metern vom Sarkophag befinden sich drei spezielle Messgeräte, ausgerüstet mit Filter mit einer Dimension von 90 x 140 cm<sup>2</sup>, die die Oberflächenluft kontinuierlich ansaugen.

Der Luftdurchsatz dieser drei Einheiten beträgt:

- „Nord“ – 12,532 m<sup>3</sup>/Tag
- „Nord-West“ – 15,960 m<sup>3</sup>/Tag
- „Süd“ – 17,954 m<sup>3</sup>/Tag

Die Filtergröße ist ausreichend, um einen vom Bedeckungsgrad unabhängigen Luftdurchsatz während der 15-tägigen Expositionszeit zu gewährleisten.

Nach der jeweils 15-tägigen Exposition wurden die Radionuklidaktivitäten, die sich auf den Filtern abgelagert hatten,  $\gamma$ -spektrometrisch vermessen. In der Datenbank sind die seit 1998 erfassten Daten enthalten.

120 m<sup>2</sup>. La convection naturelle provoque un échange constant d'air avec l'environnement immédiat. La surveillance continue de la radioactivité libérée dans l'environnement est donc indispensable.

A la fin des années 1990, quatre stations de mesure ont été construites sur le toit du «Sarcophage», au-dessus des ouvertures de service 7, 10, 31 et 38. Chaque collecteur d'adsorption, d'une surface de 0,4 m<sup>2</sup>, était recouvert d'un film d'huile adsorbant et équipé de trois structures de géométrie différentes (grilles haute, basse et latérale) permettant d'ignorer des influences locales de la convection. Les collecteurs d'adsorption étaient remplacés et examinés mensuellement.

Grâce à ces quatre stations, 1 128 mesures ont été effectuées concernant la radioactivité spécifique de l'américium 241, du césium 137, du plutonium 238, 239 et 240, ainsi que du strontium 90. Les résultats de ces mesures ont ensuite été enregistrés dans la base de données.

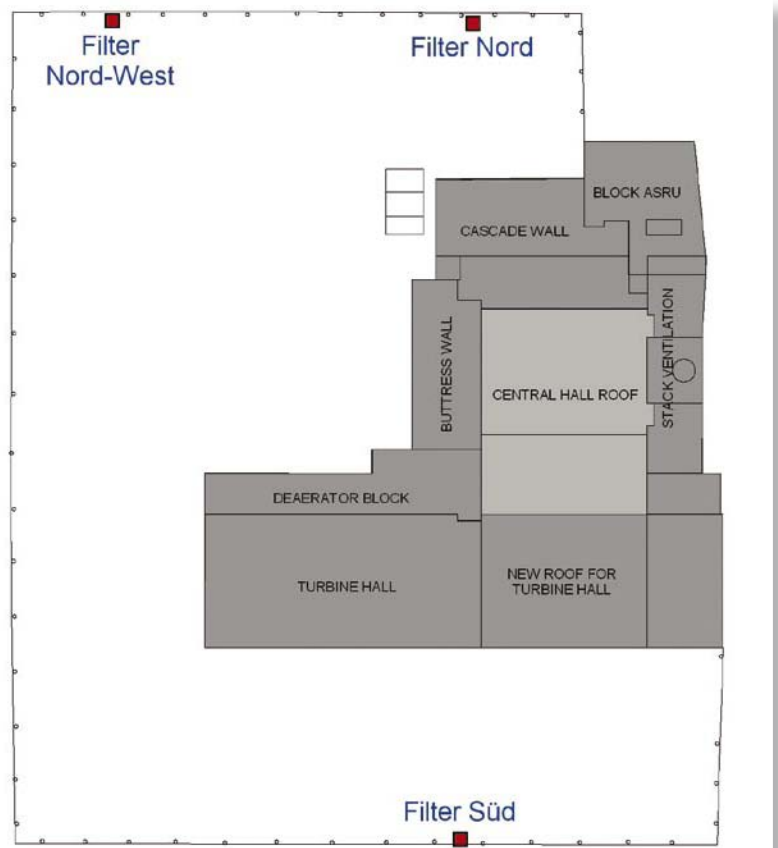
#### ► Résultats de la base de données

Des mesures directes effectuées sur 15 grilles d'adsorption (en place du 15 avril 1999 au 15 septembre 1999) et sur 20 filtres (en place entre le 13 janvier 1998 et le 21 avril 1998) ont permis d'établir que le ratio entre l'activité du strontium 90 et celle du césium 137 était d'environ 0,4. La comparaison avec le ratio mesuré au moment de l'accident en 1986 (0,8) permet de conclure que, pendant l'accident, le rejet était plus «riche» en césium 137, plus volatil, qu'en strontium 90, plus lourd.

- Saugfilter
- Filtre d'admission d'air
- Air inlet filter
- Аспирационные установки (фильтры)



- Lage der Saugfilter auf dem Standortgelände
- Localisation des filtres d'admission sur le site industriel
- Position of the air inlet filters on the industrial site
- Положение аспирационных фильтров на площадке саркофага



five wells were dug and integrated into the monitoring system. This groundwater monitoring has produced a total of 4,468 data records that were entered into the database.

#### ► Database results

The individual measured values from the groundwater wells allow the interpolation for a specified period of time of the average distribution of the activity concentration of strontium 90 and caesium 137 and of the height of the groundwater level. Two- and three-dimensional graphic representation is possible.

The Ukrainian radiation protection ordinance (NRBU-97) stipulates contamination limits for drinking water of 96 Bq/l for caesium 137 and 45 Bq/l for strontium 90. Depending on the time of year, these limits may be exceeded at some measuring wells on the site. On average, however, the measured values of e. g. the northern wells (water flowing away) began continually decreasing at the beginning of the 1990s and have been below these limits since 1997.

#### 4.2.5.2 Atmospheric measuring points

##### 4.2.5.2.1 Adsorption collectors

According to expert assessments, the total area of the various different openings in the Sarcophagus measures approx. 120 m<sup>2</sup>. Natural convection causes a constant exchange of air with the surrounding environment. Continuous monitoring of the activity released to the environment is therefore indispensable.

At the end of the 1990s, four measuring stations were set up on the roof of the Sarcophagus above service hatches 7, 10, 31 and 38. Each adsorption collector had a surface area of 0.4 m<sup>2</sup> and was coated with a special adsorbing oil film and fitted with three different measuring geometries each (upper, lower and lateral grids). The different measuring geometries serve for eliminating local influences of convection. The adsorption collectors were exchanged and evaluated at monthly intervals.

From these four measuring locations, a total of 1,128 data recorded on the nuclide-specific activity of americium 241, caesium 137, plutonium 238, 239 and 240 as well as strontium 90 were entered into the database.

#### ► Database results

By direct measurements on 15 adsorption grids (exposed from 15 April 1999 until 15 September 1999) and on 20 filters (exposed from 13 January 1998 until 21 April 1998), the nuclide activity ratio i. a. of strontium 90 and caesium 137 was determined to be approx. 0.4. The comparison of the measured nuclide ratio with the ratio at the time of the accident in 1986 (0.8) allows the conclusion that there was a higher rate of enrichment with the more volatile caesium 137 during the accidental release than with the less volatile strontium 90.

Украинские нормы радиационной безопасности (НРБУ-97) предписывают предельные значения 96 Бк/л для цезия 137 и 45 Бк/л для стронция 90 для загрязнения питьевой воды. Эти значения могут превышать в отдельных наблюдательных колодцах на площадке саркофага в связи с сезонными условиями. Но, например, значения в среде северных колодцев (стекающих потоков) в начале 90-ых годов постоянно снижались и начиная с 1997 года находятся ниже предельных значений.

#### 4.2.5.2 Аппаратура наблюдения за воздушной средой

##### 4.2.5.2.1 Адсорбирующие планшеты

Общая площадь различных проёмов саркофага по расчётам экспертов достигает около 120 м<sup>2</sup>. Естественная конвекция создаёт постоянный воздухообмен с окружающей средой. Поэтому совершенно необходимо постоянное наблюдение за выходящей в окружающую среду активностью.

В конце 90-ых годов на кровле саркофага над люками обслуживания 7, 10, 31 и 38 были установлены адсорбирующие планшеты. Каждый адсорбирующий планшет имеет площадь 0,4 м<sup>2</sup>, обработанную специальным адсорбирующим масляным слоем и снабжённую различной измерительной геометрией (верхней, нижней и боковой адсорбирующей решёткой). Различная измерительная геометрия служит для исключения локальных влияний конвекции. Адсорбирующие планшеты ежемесячно заменяются и их показания регистрируются.



Adsorptionssammler

Collecteur d'adsorption

Adsorption collector

Адсорбирующие планшеты



## ► Datenbank-Ergebnisse

Von diesen drei Messplätzen wurden insgesamt 696 Datensätze zu den nuklidspezifischen Aktivitäten von Americium 241, Cäsium 137, Plutonium 238, 239 und 240 sowie Strontium 90 in die Datenbank eingespeist.

Aus den Messungen ergeben sich als Hintergrundwerte für die Luftbelastung auf dem Standortgelände des Sarkophags durch Radionuklide:

- 11,1 Bq/m<sup>3</sup> für Beta-Strahler (z. B. Strontium 90);
- 0,02 Bq/m<sup>3</sup> für Alpha-Strahler (z. B. Americium 241; Plutonium 238, 239 und 240). ■

## 4.2.5.2.2 Filtrés d'admission d'air

Trois instruments de mesure particuliers, équipés de filtres d'admission d'air, ont été installés à une distance comprise entre 60 et 100 mètres du «Sarcophage», chaque filtre ayant des dimensions de 90 x 140 cm<sup>2</sup> et aspirant l'air en continu. Le débit d'air dans ces trois installations était de :

- filtre „Nord“ : 12,532 m<sup>3</sup>/j ;
- filtre „Nord-Est“ : 15,960 m<sup>3</sup>/j ;
- filtre „Sud“ : 17,954 m<sup>3</sup>/j.

La taille des filtres était suffisante pour garantir un flux d'air libre pendant les jours de fonctionnement, indépendamment du degré de dépôts de contaminants.

Après 15 jours d'exposition de chaque filtre, l'activité des radionucléides déposés était mesurée par spectrométrie  $\gamma$ .

## ► Résultats de la base de données

Depuis ces lieux de mesure, 696 relevés ont été effectués concernant l'activité spécifique des radionucléides pour l'américium 241, le césium 137, le plutonium 238, 239 et 240, ainsi que le strontium 90. Les résultats de ces mesures ont ensuite été enregistrés dans la base de données qui contient ainsi l'ensemble des données enregistrées depuis 1998.

Les niveaux de contamination suivants dus aux radionucléides présents dans l'air du site industriel autour du «Sarcophage» ont été mesurés :

- 11,1 Bq/m<sup>3</sup> pour les émetteurs de rayonnement bêta (par exemple le strontium 90) ;
- 0,02 Bq/m<sup>3</sup> pour les émetteurs de rayonnement alpha (par exemple l'américium 241, le plutonium 238, 239 et 240). ■

#### 4.2.5.2.2 Air inlet filters

At distances of between 60 to 100 metres from the Sarcophagus, three special measuring instruments equipped with filters have been installed, each filter measuring 90 x 140 cm<sup>2</sup> and continuously sucking in surface air.

The throughput of air of these three units is:

- "North" – 12.532 m<sup>3</sup>/day
- "North-West" – 15.960 m<sup>3</sup>/day
- "South" – 17.954 m<sup>3</sup>/day.

The size of the filters is sufficient to guarantee free air flow, independent of the degree of contaminant deposition, during the days of exposure.

Following the 15 days of exposure of each filter, the activities of the radionuclides deposited on the filters were measured using  $\gamma$ -spectrometry. The database contains the complete data measured since 1998.

##### ► Database results

From these four measuring locations, a total of 696 data recorded on the nuclide-specific activity of americium 241, caesium 137, plutonium 238, 239 and 240 as well as strontium 90 were entered into the database.

The measurements yielded the following background levels of radionuclide contamination of the air at the industrial site around the Sarcophagus:

- 11.1 Bq/m<sup>3</sup> for beta emitters (e. g. strontium 90);
- 0.02 Bq/m<sup>3</sup> for alpha emitters (e. g. americium 241; plutonium 238, 239 and 240). ■

Результаты этих измерений вошли в 1.128 наборов данных по удельной радиоактивности америция 241, цезия 137, плутония 238, 239 и 240, а также стронция 90 и вошли в базу данных.

##### ► Результаты в базе данных

С помощью прямого измерения на 15 адсорбирующих решётках (выставленных с 15 апреля 1999 г. до 15 сентября 1999 г.) и на 20 фильтрах (выставленных с 13 января 1998 г. До 21 апреля 1998 г.) определено соотношение радионуклидной активности стронция 90 и цезия 137. Отношение радиоактивности стронция 90 к цезию 137 равно 0,4. Сравнение измеренного соотношения радионуклидов с соотношением 0,8, в момент аварии реактора 1986 г. позволяет сделать вывод, что при выходе радиоактивности во время аварии произошло значительное обогащение лёгкого летучего цезия 137 по сравнению с тяжёлым летучим стронцием 90.

#### 4.2.5.2.2 Аспирационные установки (фильтры)

На расстоянии 60-100 метров от саркофага установлены три специальные измерительные установки, снабжённые фильтрами размерами 90 x 140 см<sup>2</sup>, для постоянного отбора приповерхностного воздуха.

Расход воздуха этих установок равен:

- „Север“ – 12,532 м<sup>3</sup>/сутки
- „Северо-Запад“ – 15,960 м<sup>3</sup>/сутки
- „Юг“ – 17,954 м<sup>3</sup>/сутки

Размеры фильтров достаточны для обеспечения расхода воздуха в течение 15-дневной экспозиции независимо от степени загрязнения фильтра.

После 15-дневной экспозиции проводится  $\gamma$  спектрометрия радионуклидной активности, зарегистрированной на фильтрах. Эти данные заносятся в базу данных с 1998 года.

##### ► Результаты в базе данных

В целом на основе полученных от этих трёх установок данных было составлено и введено в базу данных 696 наборов данных по удельной радионуклидной активности америция 241, цезия 137, плутония 238, 239 и 240, а также стронция 90.

На основе измерений получены фоновые основные значения для радионуклидного загрязнения воздуха на площадке саркофага:

- 11,1 Бк/м<sup>3</sup> для бета-излучения (напр., стронция 90);
- 0,02 Бк/м<sup>3</sup> для альфа-излучения (напр., америция 241; плутония 238, 239 и 240). ■

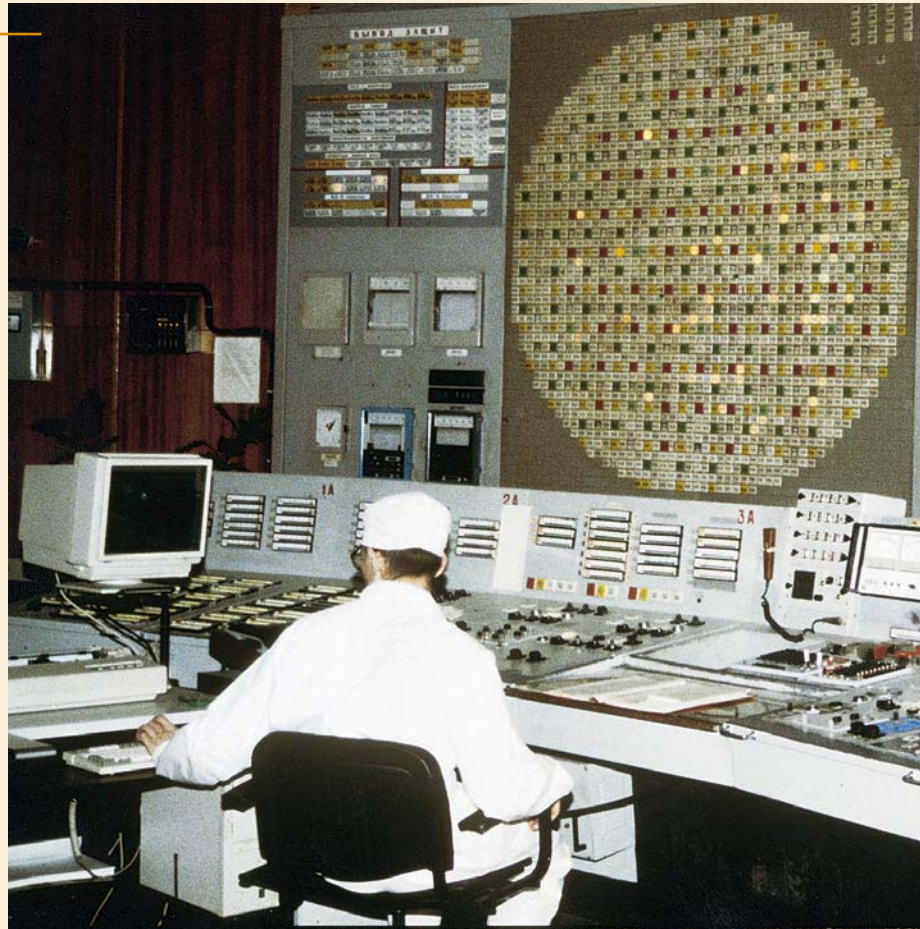


Warte im Block 3  
des Kernkraftwerks  
Tschernobyl

Ancienne salle de com-  
mande de l'Unité 3 de la  
centrale de Tschernobyl

Control room of unit 3 of  
the Chernobyl  
Nuclear Power Plant

БЦУ на 3-ем  
блоке ЧАЭС



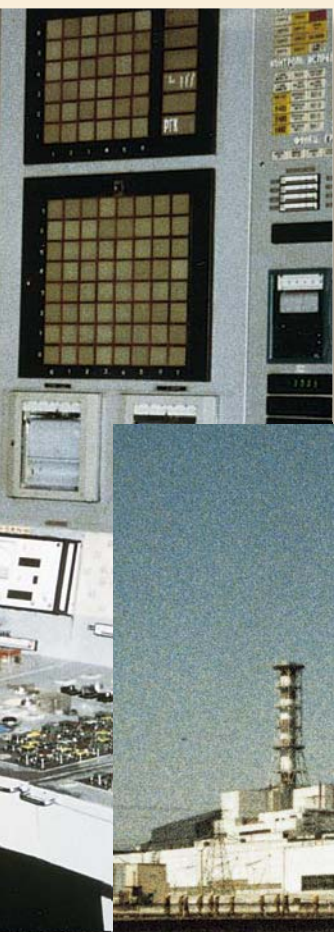
## Struktur der Benutzer- oberfläche

Die vorliegende Datenbank ist die bisher umfangreichste in elektronischer Form vorliegende Datensammlung, die zum Thema „Sicherheitszustand des Sarkophags“ zusammengestellt wurde. Eine Informationsrecherche auf der Basis moderner Computertechnik ist nunmehr möglich. Diese Informationen stellen eine verlässliche Quelle für alle weiteren Arbeiten dar, die sich mit der Überführung des Sarkophags in ein ökologisch sicheres System befassen.

## Structure de l'interface «utilisateur»

La base de données réalisée contient actuellement l'ensemble de données électroniques le plus important jamais réuni concernant la sûreté du «Sarcophage» de Tschernobyl. Il est désormais possible d'y effectuer des recherches en utilisant les technologies de l'informatique les plus récentes. Ces données sont une source fiable pour tout travail à venir en lien avec la transformation du «Sarcophage» en un système écologiquement sûr.





*Das Kernkraftwerk Tschernobyl wurde am 5. Dezember 2000 mit der Abschaltung des letzten in Betrieb befindlichen Blocks 3 endgültig stillgelegt.*

*Le 15 décembre 2000, la dernière tranche de la centrale en activité (l'Unité 3) a été arrêtée et la centrale dans son ensemble a été fermée définitivement.*

*On 15 December 2000, the last operating unit (Unit 3) of the Chernobyl nuclear power plant was shut down and the whole plant was closed down for good.*

*15 декабря 2000 года с отключением последнего (3-го блока) Чернобыльская АЭС была окончательно выведена из эксплуатации.*

## Structure of the user interface

The available database is the most comprehensive data collection in electronic form that has been compiled so far on the topic of the "Safety of the Sarcophagus". It is now possible to perform searches for information on the basis of the most recent information technology. This information represents a reliable source for all further work in connection with the transformation of the Sarcophagus into an ecologically safe system.

## Структура оболочки пользователя

На сегодня эта база данных является самым обширным собранием данных в электронной форме, имеющимся по теме „Безопасность Саркофага“ и дающим возможность поиска информации на базе современной компьютерной техники. Эта информация представляет собой надёжный источник для всех дальнейших работ по переводу саркофага в экологически безопасную систему.



Die Datenbank wurde unter MS Access 2000 erstellt und mit einem visuellen Navigator unter ArcView GIS 3.2 gekoppelt. Sie ist sowohl unter der ArcView-Oberfläche als auch als selbstständige Anwendung einsetzbar. Alle grundlegenden Funktionen – Dateneingabe, Datenbearbeitung und Datenausgabe – werden durch speziell entwickelte Visual Basic Module gestützt und kontrolliert. Damit erlaubt die Datenbank einen Informationszugriff auf unterschiedlichste Ebenen. Der Datenzugriff bzw. die -abfrage ist, je nach administrativen Rechten, von jeder Zugriffsebene („Visueller Navigator“ → „Standard-Abfragen“ → „Integrierter Abfrage-Generator“ → „Freier Datenbank-Zugriff“ → „Daten“) aus möglich. Sowohl der unerfahrene Datenbanknutzer als auch der Spezialist können mit der Datenbank auf ihren entsprechenden Niveaus arbeiten. Umfangreiche Datenbank-Werkzeuge unterstützen den Anwender je nach Bedarf.

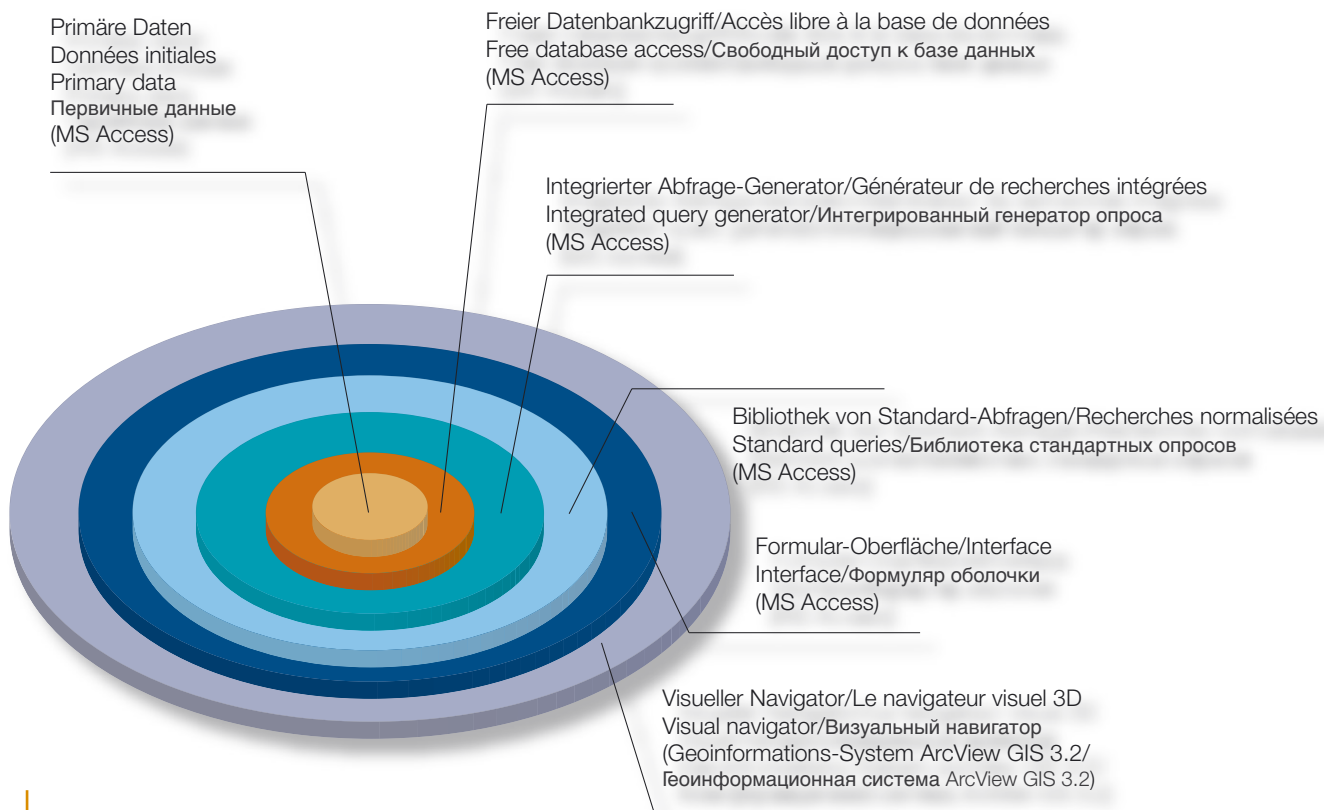
Cette base de données a été élaborée avec MS Access 2000 et associée à un navigateur visuel fonctionnant avec le logiciel ArcView 3.2 SIG. On peut y accéder à la fois depuis l'interface ArcView ou comme une application indépendante. Toutes les fonctions de base (entrée, traitement et sortie des données) sont compatibles avec des modules spécialement développés sous Visual Basic, qui permettent en outre de les contrôler. L'accès aux données et leur récupération est possible en fonction des droits conférés à l'utilisateur («Visual navigator» (navigateur visuel) → «Standard queries» (recherches normales) → «Integrated query generator» (générateur de recherches intégrées) → «Free database access» (accès libre à la base de données) → «Data» (données)). Les utilisateurs inexpérimentés de la base de données peuvent y recourir aussi facilement que les spécialistes. Une gamme complète d'outils pour base de données est à la disposition de l'utilisateur en fonction de ses besoins.

## 5.1 Visueller Navigator

Der auf der Grundlage der Software ArcView GIS 3.2 entwickelte visuelle Navigator ist ein hilfreiches Werkzeug, um anschaulich in zwei- und dreidimensionalen Modellen des Blocks 4, des Sarkophags und des umgebenden Standortgeländes zu den interessierenden Objekten zu navigieren. Die Auswahl des betref-

## 5.1 Le navigateur visuel 3D

Le navigateur visuel développé à partir du logiciel ArcView 3.2 SIG est un outil utile pour naviguer graphiquement entre les modélisations en 2D et en 3D du «Sarcophage» et du site industriel alentour afin de trouver ce qui intéresse l'utilisateur. En cliquant avec la souris, on peut sélectionner un objet particulier (une salle,



Hierarchische Gliederung des Daten-Zugriffs  
Structure hiérarchisée de l'accès aux données  
Hierarchical data access structure  
Иерархия доступа к базе данных

The database was established under MS Access 2000 and coupled with a visual navigator under ArcView GIS 3.2. It can be accessed both from the ArcView interface and as self-sustained application. All its basic functions – data input, data processing and data output – are supported and controlled by specially developed Visual Basic modules. This way, the database makes it possible to access information at all different kinds of levels. Depending on administrative rights, data access or retrieval is possible from each access level (“Visual navigator” → “Standard queries” → “Integrated query generator” → “Free database access” → “Data”). Inexperienced users of the database as well as specialists are able to use the database at their individual levels. A comprehensive set of database tools supports the user according to his needs.

## 5.1 Visual navigator

The visual navigator that was developed on the basis of the ArcView GIS 3.2 software is a useful tool for navigating graphically through two- and three-dimensional models of Unit 4, the Sarcophagus, and the surrounding industrial site to find the objects of interest. The selection of a particular object (a room, a FCM object, objects on the industrial site, etc.) with the

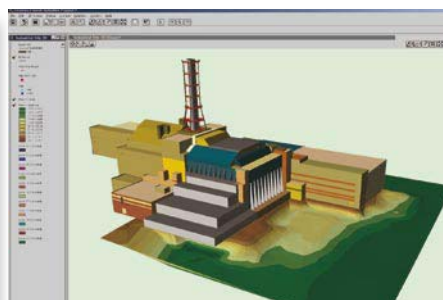
База данных была разработана в MS Access 2000 и сопряжена с визуальным навигатором с ArcView GIS 3.2. Её можно использовать как в оболочке в ArcView, так и как самостоятельную прикладную разработку. Все основные функции – ввод, обработка и выдача данных – поддерживаются и контролируются собственными разработками модулей Visual Basic, позволяя доступ к базе данных на различных уровнях. Доступ к данным или опрос возможен в зависимости от прав администрирования („Визуальный навигатор“ → „Стандартный опрос“ → „Интегрированный генератор опроса“ → „Свободный доступ к данным“ → „Данные“). Как неспециалист, так и специалист могут пользоваться базой данных в соответствии со своим уровнем знаний. По мере надобности, в распоряжении пользователя многочисленный инструментарий базы данных.

## 5.1 Визуальный навигатор

Созданный на основе программного обеспечения ArcView GIS 3.2 визуальный навигатор является полезным инструментом наглядной навигации в двух- и трёхмерных моделях для интересующих объектов 4-го блока, саркофага и прилегающей территории. Выбор этих объектов (помещений, ТСМ, объектов



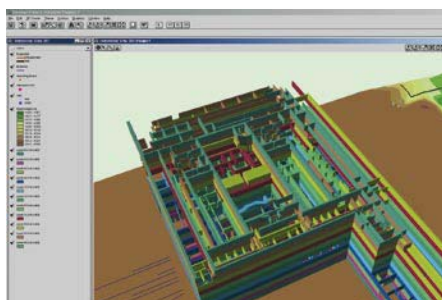
3D-Ansicht „KKW Tschernobyl“  
Vue 3D de la centrale nucléaire de Tchernobyl  
3D view “Chernobyl NPP”  
Трёхмерное изображение Чернобыльской АЭС



3D-Ansicht „Standortgelände“  
Vue 3D du site industriel  
3D view “Industrial site”  
Трёхмерное изображение Чернобыльской АЭС площадки



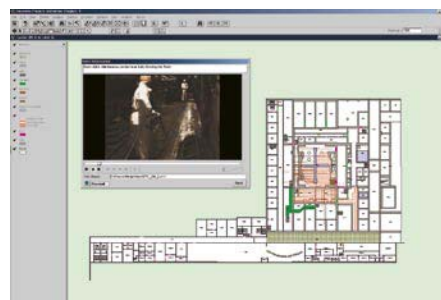
Sarcophag (transparent)  
Sarcophage (transparent)  
Sarcophagus (transparent)  
Саркофаг (прозрачный)



Die einzelnen Ebenen des Sarkophags  
Niveaux individuels du Sarcophage  
The individual levels of the Sarcophagus  
Отдельные отметки саркофага



3D-Ansicht der Ebene 9  
Vue 3D du niveau 9  
3D view of Level 9  
Трёхмерное изображение отм. 9



2D-Ansicht der Ebene 9  
Vue 2D du niveau 9  
2D view of Level 9  
Двухмерное изображение отм. 9

Beispiel für die Navigation im drei- und zweidimensionalen Modell des Sarkophags  
Exemple de navigation entre les modèles en 2D et 3D du Sarcophage  
Example of navigation through two- and three-dimensional models of the Sarcophagus  
Примеры навигации в двух- и трёхмерной модели саркофага

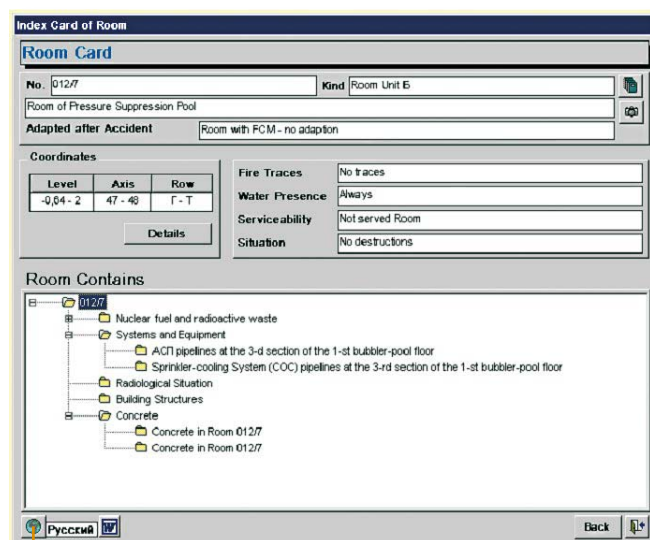


fenden Objektes (ein Raum, ein FCM-Objekt, Objekte auf dem Standortgelände etc.) per Mausklick ermöglicht es, auf die in der Access-Datenbank abgelegten Informationen zuzugreifen.

Darüber hinaus können erfahrene GIS-Nutzer alle Möglichkeiten der GIS Software ArcView zur Beantwortung individueller Fragestellungen ausschöpfen.

Außerdem erlauben zusätzlich programmierte Funktionen des visuellen Navigators verschiedene Auswertungsmöglichkeiten:

- So können in der Datenbank gespeicherte ODL-Werte für das den Sarkophag umgebende Standortgelände, für das Dach und auch für einzelnen Räumen grafisch veranschaulicht und interpoliert sowie akkumulierte Expositionen beim Aufenthalt im interpolierten Strahlungsfeld ermittelt werden.
- Aus den einzelnen Messdaten der Grundwasserbrunnen können für eine zeitlich definierte Periode die durchschnittliche Verteilung der Aktivitätskonzentrationen von Strontium 90 und Caesium 137 sowie die Höhe des Grundwasserpegels interpoliert und flächenhaft oder im 3D-Modus dargestellt werden.



Datenbank-Informationen zum gewählten Objekt (hier: Raum 012/7)

Informations de la base de données sur un objet donné (ici la salle 012/7)

Database information on a chosen object (here: Room 012/7)

Информация БД по выбранному объекту (здесь: помещение 012/7)

## 5.2 Datenzugriff von der Access-Datenbank

Durch die Wahl eines Themas im Datenbank-Hauptmenü oder eines Datenbankobjekt-Werkzeuges kann zu den gesuchten Informationen verzweigt werden.

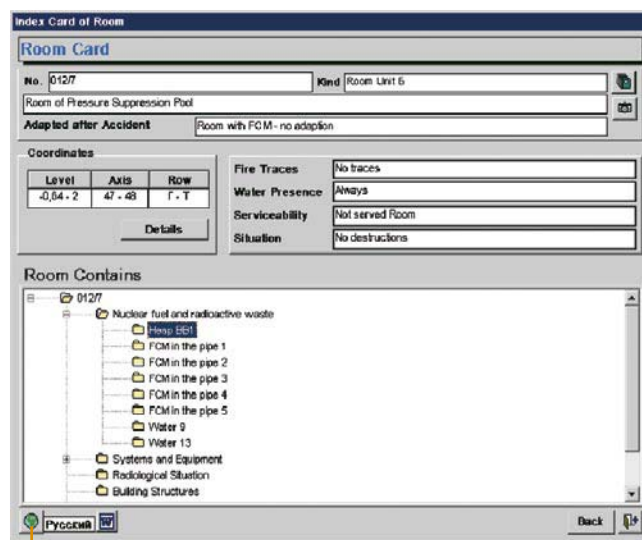
Der für die weitere Bearbeitung der Recherche-Ergebnisse wichtige Datenexport ist auf komfortable Weise umgesetzt worden.

un FCM, des éléments sur le site industriel, etc) et récupérer ainsi l'information stockée dans la base de données Access.

En outre, les utilisateurs expérimentés de SIG peuvent exploiter l'ensemble des possibilités du logiciel ArcView 3.2 SIG pour répondre aux questions individuelles.

De plus, des fonctions programmées supplémentaires du navigateur visuel offrent des possibilités d'évaluation individualisées, par exemple :

- les valeurs de débit de dose ambiant mesurées sur le site industriel autour du "Sarcophage", sur le toit de celui-ci ou dans chaque salle peuvent être représentées graphiquement et interpolées. On peut ainsi calculer les niveaux d'exposition accumulée à la suite d'un passage dans le champ de radiation interpolé ;
- il est possible d'interpoler et de représenter en mode 2D ou 3D la distribution moyenne des concentrations d'activité de strontium 90 et de césium 137, ainsi que le niveau de la nappe phréatique pour une période donnée, en utilisant les données des mesures des puits de la nappe phréatique.



Datenbankschnittstelle im visuellen Navigator

Interface de la base de données dans le navigateur visuel

Database interface in the visual navigator

Интерфейс БД в визуальном навигаторе

## 5.2 Accès à la base de données par MS Access

En choisissant un sujet depuis le menu principal de la base de données ou un outil de la base de données, l'utilisateur peut suivre les chemins menant vers l'information qu'il recherche.

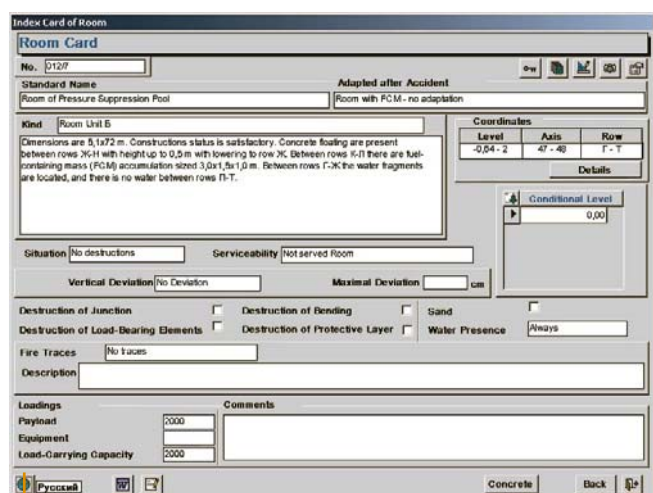
La fonction d'exportation des données nécessaire pour le traitement des résultats de la recherche a été conçue de façon

click of a mouse button makes it possible to retrieve information stored in the Access database.

Furthermore, experienced GIS users can exhaust all possibilities of the GIS software ArcView to answer individual questions.

Moreover, additional programmed functions of the visual navigator provide different evaluation options:

- for example, local dose rate values measured on the industrial site surrounding the Sarcophagus, on the roof as well as in individual rooms can be graphically represented and interpolated, and accumulated exposure levels resulting from a stay in the interpolated radiation field can be determined.
- It is possible to interpolate and represent in 2D or 3D mode the average distribution of the strontium 90 and caesium 137 activity concentrations as well as the height of the groundwater level for a specified period of time by using the individual measuring data from the groundwater wells.



Datenbankzugriff vom 2D-Modell der Ebene 0 am Beispiel des Raums 012/7

Accès par la base de données à la modélisation en 2D du niveau 0 (exemple de la salle 012/7)

Database access to 2D model of Level 0 on the example of Room 012/7

Доступ БД в двухмерной модели для отм. 0 на примере помещения 012/7

## 5.2 Database access via MS Access

By choosing a topic from the main database menu or a database object tool, the user can follow the branches to the information he searches.

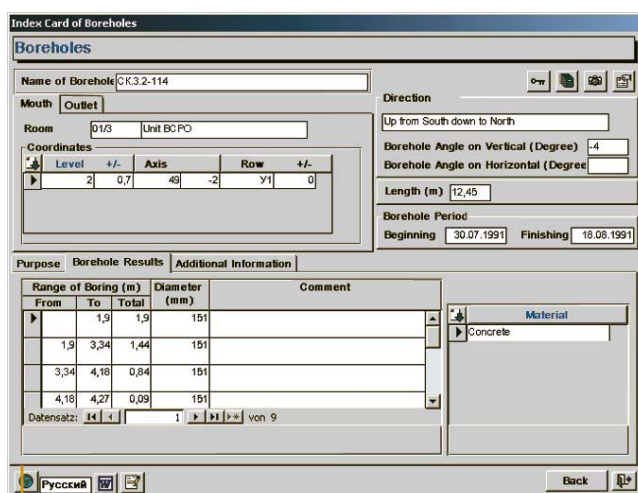
The data export function that is necessary for the further processing of the search results has been ergonomically

территории и т. п.) производится нажатием компьютерной „мыши“ с последующим выходом на соответствующую информацию в базе данных Access.

Помимо того, опытные пользователи ГИС могут воспользоваться всеми возможностями программного обеспечения ГИС ArcView для ответа на индивидуальные вопросы.

Кроме того, дополнительно запрограммированные функции визуального навигатора предоставляют различные возможности анализ:

- Учитанные в БД значения МЭД для площадки вокруг саркофага, для кровли и отдельных помещений могут быть наглядно графически представлены и интерполированы для получения аккумулярованной дозы для нахождения в интерполированном радиационном поле.
- На основе отдельных значений, измеренных в колодцах для грунтовых вод для определённого периода, можно представить распределение концентрации радиоактивности стронция 90 и цезия 137, а также интерполировать уровень грунтовых вод или представить его двух- или трёхмерное изображение.



Datenbankzugriff vom 2D-Modell des Standortgeländes am Beispiel eines Bohrlochs in der nördlichen Kaskadenwand.

Accès par la base de données à la modélisation en 2D du site industriel (exemple d'un trou de forage dans le mur Nord en «cascade»).

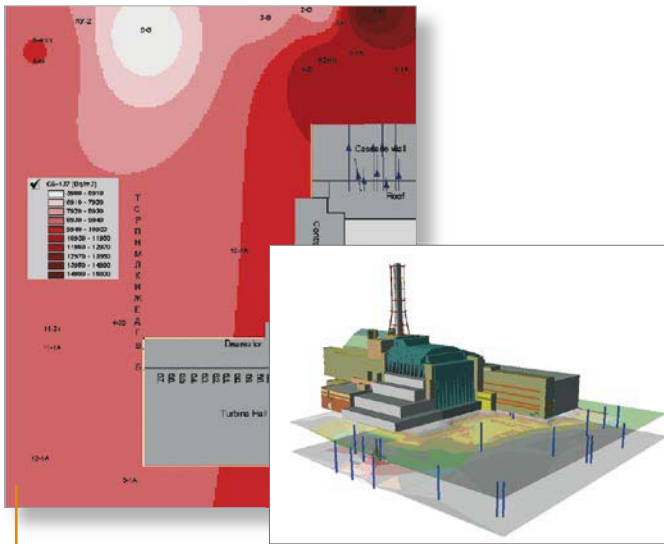
Database access to 2D model of the industrial site on the example of a drilling channel in the northern "cascade wall".

Доступ БД в двухмерной модели площадки вокруг саркофага на примере скважины северной каскадной стены.

## 5.2 Доступ к базе данных в Access

Выбирая тему главного меню базы данных или утилиту объекта базы данных, можно выйти на разветвления к искомой информации.

Важное для дальнейшей обработки результатов поиска экспортирование данных имеет удобную реализацию.



2D-Darstellung (links) und 3D-Darstellung der Caesium 137 Verteilung im Grundwasser für die Periode Winter 1999

Représentations 2D et 3D de la répartition du césium 137 dans la nappe phréatique pendant la période «hiver 1999»

2D representation (left) and 3D representation of the caesium 137 distribution in groundwater for the period "Winter of 1999"

Двухмерное (слева) и трёхмерное представление распределения цезия 137 в грунтовых водах зимой 1999 г.

Ein universeller Datenexport ermöglicht nutzerspezifizierte und professionelle Datenbank Reports, die mit der Projektsoftware weiter verwaltet werden können. Es besteht die Möglichkeit, aus jedem Formular heraus den gesamten bzw. gefilterten Formularinhalt nach MS-Word zu exportieren.

Individuelle oder vordefinierte Abfragen werden über einen automatischen Abfrage-Generator gesteuert. Hiermit steht dem unerfahrenen Datenbanknutzer ein hilfreiches Werkzeug zur Datenrecherche zur Verfügung.

Über eine Suchfunktion können durch die Auswahl von Informationskategorien Suchkriterien gewählt werden. Eine Objektliste mit den zutreffenden Kriterien erlaubt den Abruf detaillierter Objektinformationen.

Eine vollständige administrative Kontrolle der Datenbank sorgt für die notwendige Stabilität und Sicherheit des Datenbestandes, erlaubt berechtigten Nutzern den Export und Import von Daten und verifiziert Neuzugänge von Daten schon bei der Eingabe.

In dieser Gesamtheit stellt die Datenbank somit umfangreiche Werkzeuge zur Verfügung, die eine effiziente Nutzung auch für Anwender ermöglicht, die über keine Datenbank-Spezialkenntnisse verfügen. ■

ergonomique. Une exportation universelle des données permet la préparation de rapports professionnels ou paramétrés par l'utilisateur, qui peuvent ensuite être gérés à l'aide du logiciel de projet. Il est également possible d'exporter la totalité de chaque formulaire MS Access vers MS Word ou de filtrer son contenu.

Les recherches individuelles ou prédéfinies sont contrôlées par un générateur de recherche automatique. Cet outil de recherche dans la base de données est utile pour les utilisateurs inexpérimentés.

Il est possible, grâce à une fonction de recherche, de sélectionner les critères de recherche en choisissant différentes catégories d'information. Une liste d'objets auxquels les critères s'appliquent permet de récupérer des informations détaillées sur ces objets.

Un contrôle administratif total de la base de données garantit la stabilité et la fiabilité des données et permet aux utilisateurs autorisés d'exporter et d'importer des données et de vérifier l'insertion de nouvelles données dès leur saisie.

La base de données dans son ensemble fournit donc des outils complets permettant également aux utilisateurs n'ayant pas de connaissances particulières des bases de données d'utiliser celle-ci efficacement. ■



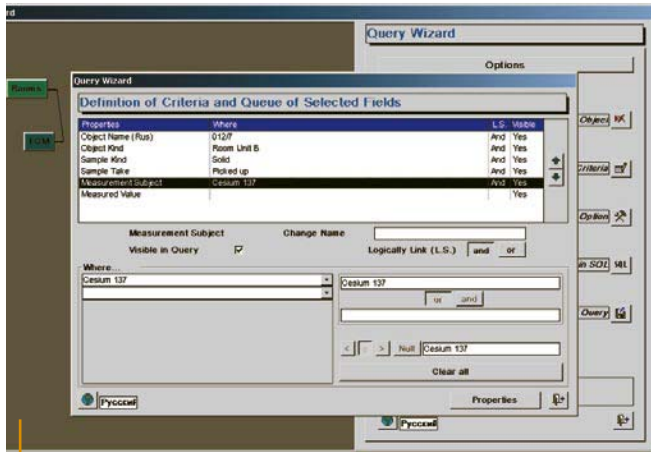
Das Datenbank-Hauptmenü des Client Moduls

Menu principal du module «client» dans la base de données

Main database menu of the Client Module

Главное меню базы данных модуля Client





Automatischer Abfrage-Generator in MS Access

Outil de recherche automatique dans MS Access

Automatic query generator in MS Access

Автоматический генератор опроса в MS Access

designed. A universal data export allows the preparation of user-specified and professional database reports that can be further administered with the project software. There is also the possibility to export the entire or filtered content of each MS Access form to MS Word.

Individual or pre-defined queries are controlled via an automatic query generator representing a useful database enquiry tool for inexperienced users.

Via a search function it is possible to select search criteria by choosing different information categories. A list of objects to which the criteria apply allows the retrieval of detailed information about these objects.

Full administrative control of the database ensures the necessary stability and reliability of the data, allows authorised users to export and import data, and verifies new entries already upon input.

The database in its entirety therefore provides comprehensive tools that also enable those users that have no specific database knowledge to use it efficiently. ■

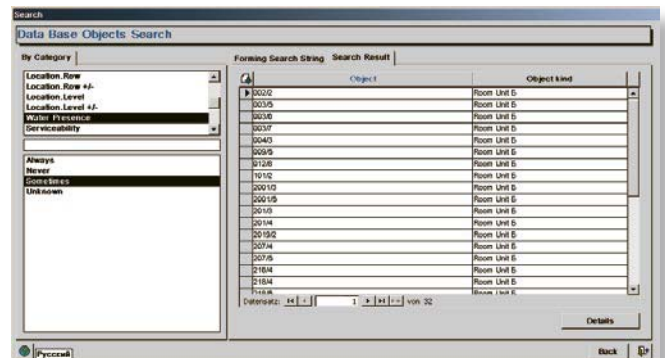
Универсальный экспорт данных даёт возможность получать заданные пользователем и профессионально выполненные протоколы базы данных, поддающиеся дальнейшей администрации в программном обеспечении проекта. Далее имеется возможность из каждого формуляра экспортировать в MS-Word как всё, так и отфильтрованное содержание формуляра.

Индивидуально заданные опросы управляются автоматическим генератором опроса, являясь полезным инструментарием для поиска данных и для неопытного пользователя.

Пользуясь функцией поиска можно выбрать критерии поиска по выбору категорий информации. Перечень объектов с соответствующими критериями позволяет вызвать подробную информацию по объекту.

Полный административный контроль базы данных обеспечивает необходимую стабильность и надёжность запаса данных, позволяет допущенным пользователям экспортировать и импортировать данные и проверяет новые поступления данных уже при их вводе в БД.

Таким образом, база данных предоставляет комплексный инструментарий, позволяющий эффективное использование БД даже для неспециалистов в области базы данных. ■



Die Suchfunktion der Datenbank

Fonction de recherche dans la base de données

Database search function

Функция поиска в базе данных



# 6

*Shelter 1:  
Sarkophag*

*Shelter 1 :  
le Sarcophage*

*Shelter 1:  
Sarcophagus*

*Укрытие 1:  
саркофаг*

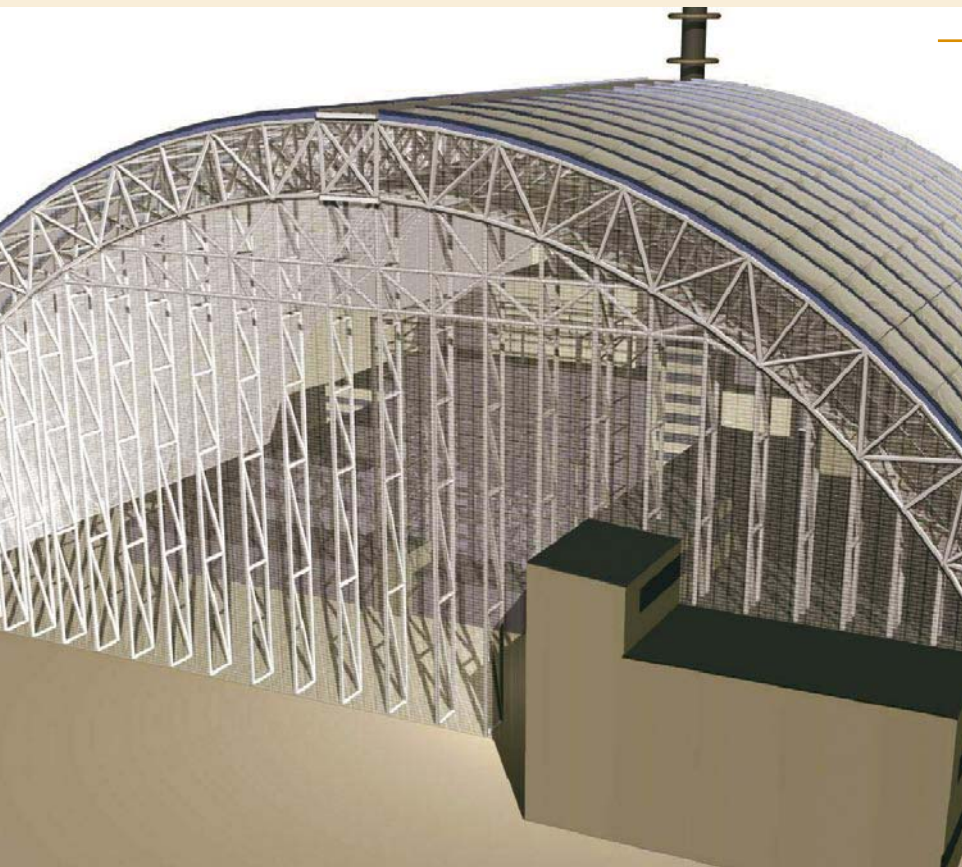


## Ausblick

Die im Rahmen der Deutsch-Französischen Initiative gesammelten und aufbereiteten Daten sind eine ausgezeichnete Basis sowohl für die geplante fachliche Nutzung im Chernobyl-Center als auch für eine erweiterte Nutzung für die Sanierung des Sarkophags im Rahmen des Projekts „Shelter Implementation Plan“, das unter der Schirmherrschaft der Europäischen Bank für Wiederaufbau und Entwicklung durchgeführt wird. Wesentliche Ziele des SIP sind die Stabilisierung des bestehenden Sarkophags und die Errichtung eines neuen sicheren Confinements (NSC) über den derzeit bestehenden Sarkophag, den Entgaserflügel und das Maschinenhaus.

## Perspectives

Les données collectées et traitées dans le cadre de l'Initiative franco-allemande constituent une excellente source d'informations pour les spécialistes au Centre de Tchernobyl, ainsi que pour une utilisation extensive en lien avec la restauration du «Sarcophage» en tant que partie du «Shelter Implementation Plan» (SIP), mis en œuvre sous les auspices de la Banque Européenne de Reconstruction et de Développement (BERD). Les principaux objectifs du SIP sont la stabilisation du «Sarcophage» actuel et la construction, autour de celui-ci, d'un nouveau «Shelter» (Shelter 2), englobant également l'aile du dégazeur et le bâtiment de la turbine.



*Shelter 2: Architekturzeichnung des geplanten neuen sicheren Confinements (NSC) um den Sarkophag*

*Shelter 2 : Dessin d'architecture de la nouvelle enceinte de protection prévue autour de l'Unité 4*

*Shelter 2: Architectural drawing of the planned New Safe Confinement (NSC) around the Sarcophagus*

*Укрытие 2: архитектурный чертёж запланированного нового безопасного укрытия (НБУ) над саркофагом*

## Outlook

The data collected and processed within the framework of the French-German Initiative are an excellent basis for the intended specialist application at the Chornobyl Centre as well as for an extended use in connection with the restoration of the Sarcophagus as part of the “Shelter Implementation Plan” performed under the auspices of the European Bank for Reconstruction and Development. The major goals of the SIP are the stabilisation of the existing Sarcophagus and the erection of a New Safe Confinement (NSC) around the already existing Sarcophagus, the degasifier wing and the turbine building.

## Дальнейшая перспектива

Собранные и обработанные в рамках Германо-французской инициативы данные являются отличной базой как для запланированного профессионально-технического использования в Чернобыльском центре, так и для расширенного использования для улучшения состояния саркофага в проекте „Shelter Implementation Plan“ (SIP), который реализуется под эгидой Европейского банка восстановления и развития. Наиболее важными целями проекта SIP являются стабилизация существующего саркофага и сооружение нового безопасного укрытия (НБУ) над существующим саркофагом, коридора деаэрации и машзала.



Dieses NSC soll es ermöglichen, die radioaktiven Stoffe mindestens 100 Jahre sicher einzuschließen, bei Bedarf aus dem Innern zu entfernen und das alte Gebäude abzubauen.

Darüber hinaus kann die Datenbank bei Projektbeschreibungen oder für Sicherheitsberichte etc. genutzt werden. Außerdem haben die ukrainische kerntechnische Sicherheitsbehörde SNRCU (State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine) und ihr wissenschaftlich-technisches Zentrum (SSTC) ihr Interesse an der Datenbank geäußert.

Weiterführende Informationen zur DFI und zu den Programmen „Radioökologie“ sowie „Gesundheitlichen Auswirkungen“ können abgerufen werden:

- [www.fgi1-chernobyl.de.vu](http://www.fgi1-chernobyl.de.vu)
- [www.grs.de](http://www.grs.de) , [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)
- [www.fgi.icc.gov.ua](http://www.fgi.icc.gov.ua) ■

Cette deuxième enveloppe sera utilisée pour confiner les matières radioactives pendant au moins 100 ans et devra permettre de les récupérer à l'intérieur si besoin est ; elle devra également permettre le démantèlement de l'ancienne structure.

En outre, la base de données «sûreté du Sarcophage» peut être utilisée pour obtenir les informations nécessaires aux descriptions de projets, aux rapports d'analyse de sûreté, etc. L'autorité de sûreté nucléaire ukrainienne (SCNRU - State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine) et son appui technique de sûreté (SSTC – State Scientific Technical Center), se sont également montrés intéressés par l'utilisation de cette base de données.

Davantage d'informations sur l'IFA ainsi que sur les programmes «radioécologie» et «santé» peuvent être trouvées sur Internet aux adresses suivantes :

- [www.fgi1-chernobyl.de.vu](http://www.fgi1-chernobyl.de.vu)
- [www.grs.de](http://www.grs.de), [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)
- [www.fgi.icc.gov.ua](http://www.fgi.icc.gov.ua) ■

This NSC is to safely confine the radioactive materials for at least 100 years and is to allow their retrieval from inside if need be as well as the dismantling of the old structure.

In addition, the database can be used for obtaining information needed for project descriptions, safety analysis reports, etc. The Ukrainian safety authority SNRCU (State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine) and its technical safety organisation, the State Scientific-Technical Center (SSTC), have also signalled their interest in using the database.

Further information on the FGI and on the “Radioecology” and “Health” Programmes can be found at:

- [www.fgi1-chernobyl.de.vu](http://www.fgi1-chernobyl.de.vu)
- [www.grs.de](http://www.grs.de), [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)
- [www.fgi.icc.gov.ua](http://www.fgi.icc.gov.ua) ■

Это НБУ обеспечит надёжное удержание радиоактивного материала как минимум на 100 лет, а также, при необходимости, его извлечение и демонтаж старого сооружения.

Кроме того, база данных может использоваться при описаниях проектов или для отчётов по безопасности. Помимо того, Государственная администрация ядерного регулирования Украины и её Государственный научно-технический центр заявили о своём интересе в использовании базе данных.

Дальнейшая информация по Германо-французской инициативе и по программам „Радиоэкология“ и „Влияние на здоровье людей“ могут быть вызваны с сайтов интернета:

- [www.fgi1-chernobyl.de.vu](http://www.fgi1-chernobyl.de.vu)
- [www.grs.de](http://www.grs.de) , [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)
- [www.fgi.icc.gov.ua](http://www.fgi.icc.gov.ua) ■



## Abkürzungen

CC	Chornobyl Centre for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology, Kiev
CNPPOS	Kernkraftwerk Tschernobyl, Objekt „Shelter“
DFI	Deutsch-Französische Initiative für Tschernobyl
ECOMM	JV Ecological Communication Corporation, Kiev
EDF	Electricité de France
EU	Europäische Union
GIS	Geografisches Informationssystem
G7-Staaten	Gruppe der sieben größten Industrienationen
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Deutschland
FCM	Fuel-containing materials
ICC	International Chornobyl Centre
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, France
ISTC	Interbranch Scientific and Technical Centre „Shelter“, Institut der ukrainischen Akademie der Wissenschaften, Tschernobyl
NIISK	Staatliches Forschungsinstitut für Bautechnik, Kiev
NSC	New Safe Confinement
ODL	Ortsdosisleistung
RRCKI	Russisches Forschungszentrum Kurtschatow-Institut, Moskau
SIP	Shelter Implementation Plan
SNRCU	State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine
SSTC	State Scientific-Technical Center (technische Sachverständigenorganisation der ukrainischen kerntechnischen Behörde)
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW e.V. ■

## Abréviations

CC	Chornobyl Centre for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology, Kiev
CNPPOS	Chernobyl Nuclear Power Plant, Object Shelter
ECOMM	JV „ECOMM Co“, Kiev
EDF	Electricité de France
Etats du G7	groupe des sept pays les plus industrialisés du monde
FCM	Fuel-containing materials (matière contenant du combustible)
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, Allemagne
IFA	Initiative Franco-Allemande pour Tchernobyl
ICC	International Chornobyl Centre
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, France
ISTC	Interdisciplinary Scientific and Technical Center „Shelter“, Tchernobyl
NIISK	State Scientific and Research Institute of Building Structures, Kiev
NSC	New Safe Confinement
RRCKI	Russian Research Center „Kurchatov Institute“, Moscou
SIG	Système d'information géographique
SIP	Shelter Implementation Plan
SNRCU	State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine
SSTC	State Scientific Technical Center, Kiev
UE	Union Européenne
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft – VDEW e.V. (groupement des fournisseurs d'électricité allemands) ■



## Abbreviations

CC	Chornobyl Centre for Nuclear Safety, Radioactive Waste and Radioecology, Kiev
CNPPOS	Chernobyl Nuclear Power Plant, Object "Shelter"
ECOMM	Ecological Communication Corporation, Kiev
EDF	Electricité de France
EU	European Union
FCM	Fuel-containing materials
FGI	French-German Initiative for Chernobyl
GIS	Geographical information system
G7 states	Group of the seven largest industrialised nations
GRS	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH, Germany
ICC	International Chornobyl Centre
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, France
ISTC	Interbranch Scientific and Technical Centre „Shelter“ of the Ukrainian Academy of Sciences, Town of Chernobyl
NIISK	State Research Insititute for Civil Engineering, Kiev
NSC	New Safe Confinement
RRCKI	Russian Research Centre Kurchatov Institute, Moscow
SIP	Shelter Implementation Plan
SNRCU	State Nuclear Regulatory Committee of Ukraine
SSTC	Technical safety organisation of the Ukrainian safety authority
VDEW	German Electricity Association ■

## Сокращения

ЧЦ	Чернобыльский центр по проблемам ядерной безопасности, радиоактивных отходов и радиозологии
CNPPOS	ПО Чернобыльской АЭС, объект „Укрытие“
ГФИ	Германо-французская инициатива по Чернобылю
ECOMM	фирма Ecological Communication Corporation, Киев
EDF	Electricité de France, энергопроизводящая компания Франции
EU	Европейский Союз
GIS	геоинформационная система
„Большая семёрка“	группа семи крупнейших индустриальных держав
GRS	Общество технической и ядерной безопасности мБХ, Германия
TCM	топливосодержащие материалы
IRSN	Институт по радиационной защите и ядерной безопасности, Франция
ISTC	Межотраслевой научно-технический центр „Укрытий“; институт Академии наук Украины, Чернобыль
НИИСК	Государственный научно-исследовательский институт строительства, Киев
НБУ	новое безопасное Укрытие
МЭД	мощность экспозиционной дозы
МЧЦ	Международный Чернобыльский Центр
РНЦ КИ	Российский научный центр „Курчатовский институт“, Москва
SIP	Shelter Implementation Plan / План обеспечения безопасности объекта „Укрытие“
ГЯЯРУ	Государственная администрация ядерного регулирования Украины
ГНТЦ	Государственный научно-технический центр (техническая экспертная организация украинского регулирующего органа)
VDEW	Объединение энергопроизводителей Германии ■



**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH**

Schwertnergasse 1  
**50667 Köln**  
Tel.: +49 (0)2 21 20 68-0  
Fax: +49 (0)2 21 20 68-888

Forschungsinstitute  
**85748 Garching** b. München  
Tel.: +49 (0)89 3 20 04-0  
Fax: +49 (0)89 3 20 04-300

Kurfürstendamm 200  
**10719 Berlin**  
Tel.: +49 (0)30 88 589-0  
Fax: +49 (0)30 88 589-111

Theodor-Heuss-Straße 4  
**38122 Braunschweig**  
Tel.: +49 (0)531 80 12-0  
Fax: +49 (0)531 80 12-200

[www.grs.de](http://www.grs.de)

**INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE  
SURETE NUCLEAIRE (IRSN)**

B.P. 6  
**F-92265 Fontenay-aux Roses Cedex**  
Tel.: + 33 1 58 35 73 04  
Fax: + 33 1 58 35 85 09

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

**RISKAUDIT**

**IRSN/GRS INTERNATIONAL**  
31, avenue de la Division Leclerc  
**F-92260 Fontenay-aux Roses (France)**  
Tel.: + 33 1 58 35 84 19  
Fax: + 33 1 58 35 71 78

Moscow Office  
ul. Pechotnaja 32-1  
**123182 Moscow (Russia)**  
Tel.: +7 095 221 18 02  
Fax: +7 095 221 18 03

Kiev Office  
Prospekt Nauki 47  
**03022 Kiev (Ukraine)**  
Tel.: + 38 044 525 14 50  
Fax: + 38 044 230 20 35

**Chornobyl Center for Nuclear Safety,  
Radioactive Waste and Radioecology**  
77th Gvardiiska Dyviziya str.7/1  
**Slavutych 07100 (Ukraine)**  
Tel. +38 044 79 23 016

[www.icc.gov.ua](http://www.icc.gov.ua)