

КОНСЕРВАЦИЯ «ИСТОРИЧЕСКИХ» ХРАНИЛИЩ РАО

CONSERVATION OF "HISTORIC" RADWASTE STORAGE SITES

А.С. БАРИНОВ, *к.т.н.*,
А.П. КОБЕЛЕВ,
В.Ю. ФЛИТ
(ГУП МосНПО «Радон»)

A.S. BARINOV, *Candidate of Technical Science*,
A.P. KOBELLEV,
V.Y. FLIT
(SUE SIA Radon Moscow)

■ **Современные технологии, применяемые специалистами ГУП МосНПО «Радон», позволяют повысить экологическую безопасность долговременной локализации радиоактивных отходов в старых хранилищах приповерхностного типа.**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Приповерхностные сооружения для длительного хранения РАО низкой и средней удельной активности – наиболее дешевы и поэтому часто используются в России и в других странах. К таким объектам относятся хранилища (могильники), размещаемые на поверхности земли или заглубленные в грунт на глубину не более 100 м.

В XX веке во всем мире в качестве приповерхностных могильников и хранилищ РАО в основном использовали относительно простые приповерхностные сооружения.

В могильниках траншейного типа отходы размещали в грунтовые траншеи с последующей засыпкой (пример – первоначально использовавшаяся система могильников в Дригге (Великобритания)).

Бункеры закрытого типа (Centre de l'Aube, Франция, Rokkasho-mura, Япония) представляют собой конструкции из сборного или монолитного железобетона, в которое помещают упаковки отходов. Пустоты в хранилище могут быть засыпаны глиной или залиты цементным раствором, после чего возводится покрытие из бетонных плит и асфальта, возможно также возведение дополнительной земляной насыпи для защиты всей конструкции.

В бункере с защитным покрытием (IRUS, Канада) проникновение воды предотвращается за счет сооружения непроницаемой бетонной крыши и земляной насыпи поверх нее.

■ **Modern technologies applied by SUE SIA Radon Moscow help improve environmental safety of long-term localisation of radioactive waste in old surface storage facilities.**

SAFETY ASSURANCE OF SURFACE STORAGE FACILITIES

Shallow (near-surface) facilities for long-term storage of low- and medium-level radwaste are the cheapest and thus are often used in Russia and in other countries. Such facilities include storage locations (burial grounds) at ground surface or within 100 metres deep into the ground.

In the 20th century, relatively simple designs of near-surface storage facilities were mainly used around the world.

In trench-type burial grounds, the waste was placed in trenches dug out in the soil and then backfilled, again with soil (an example of this type of storage is the system at Drigg in the United Kingdom).

Closed bunkers (Centre de l'Aube in France, Rokkasho-mura in Japan) are constructed from pre-fabricated or site-poured monolithic reinforced concrete structures, which hold packages filled with radwaste. Voids in the storage compartments may be backfilled with clay or cement grout. Then, an overlying slab would be built from concrete and asphalt, possibly with an additional layer of soil to protect the entire construction.

In bunkers with protective covers (such as IRUS in Canada), the waste repository is made impenetrable to water by installing a waterproof concrete cover with an overlying layer of soil.

In a number of cases, ingress of water into the storage facilities and its contact with the contained radioactive matter did occur – due to poor siting of the facility or design choice, cover flaws, or because the waste was placed in storage with no prior inclusion into a matrix material.

Compliance with the current radiation safety codes during management of radioactive waste already in storage in such outdated repositories may be achieved in two ways. The

■ **Вновь возводимые хранилища РАО в полной мере отвечают современным требованиям безопасности при обращении с радиоактивными отходами.**

Безопасность хранения отходов в таких хранилищах обеспечивается за счет: перевода радиоактивных отходов в твердую, устойчивую к воздействию воды форму (методом цементирования, остекловывания, битумирования); помещения РАО в специальные защитные (металлические, бетонные) контейнеры; заполнения свободного пространства между контейнерами буферным материалом, не проницаемым для воды и обладающим способностью удерживать радиоактивные вещества; создания прочной и непроницаемой конструкции самого хранилища; размещения хранилищ в геологических формациях, препятствующих попаданию радиоактивных веществ в зону жизнедеятельности человека; создания дополнительных защитных покрытий на поверхности хранилищ после их заполнения отходами и дренажных систем для отвода атмосферных осадков; организации радиационного контроля и контроля состояния защитных барьеров.

В качестве примера можно рассматривать блоки хранилищ ТРО на предприятии El Cabril (Испания), устройство консервирующего покрытия хранилищ в Centre de la Manche (Франция), современные хранилища ТРО в ГУП МосНПО «Радон» (Россия).

В ряде случаев имело место проникновение в объем таких хранилищ воды и контакт ее с радиоактивными веществами – из-за неудачного выбора места расположения и конструкции сооружения, размещения отходов без предварительного включения в матричный материал и в упакованном виде, недостатков покрытия.

Обеспечение современных требований радиационной безопасности при обращении с отходами, уже хранящимися в подобных сооружениях, может быть достигнуто двумя способами. Ликвидация хранилища (могильника) включает извлечение отходов, их переработку и переупаковку с последующим размещением вновь образующихся РАО в кондиционированном виде в новом современном хранилище (примером может служить ликвидация приповерхностных хранилищ РАО на территории РНЦ «Курчатовский институт»). Такие работы трудоемки, приводят к увеличению объемов радиоактивных отходов и поэтому очень дороги.

Второй способ – создание дополнительных инженерных барьеров, обеспечивающих дополнительную защиту размещенных в могильнике отходов от контакта с водой, воздействия отрицательных температур и других потенциально опасных факторов, которые могут привести к выходу радионуклидов в окружающую среду. В мировой практике в качестве таких барьеров используют дополнительную изоляцию размещенных в хранилище отходов путем заполнения пустот между ними цементным или цементно-бentonитовым материалом, вертикальные изоляционные стены в грунте по периметру хранилища, предотвращающие проникновение грунтовых вод, многослойные насыпи на поверхности хранилища, дополнительные водоотводные дренажи и т.д. Этот метод значительно проще и дешевле в исполнении, так как не требует строительства новых хранилищ, при этом исключен физический контакт с РАО и не происходит увеличения объема отходов.

СТАРЫЕ ХРАНИЛИЩА «РАДОНА»

На ГУП МосНПО «Радон» строительство и эксплуатация приповерхностных хранилищ начались в 60-х годах прошлого века. Сооружения представляют собой заглубленный резервуар, выполненный из сборного или монолитного железобетона. Изоляция от воды достигалась за счет покрытия стен и дна цементным



Опытные стенды для исследования материалов и определению необходимых параметров (количества, состава и толщины слоев) многофункциональных защитных покрытий хранилищ РАО

Trial rigs for testing of materials and determination of parameters (number, composition and thickness of protective layers) for radwaste repository multi-purpose protective covers

first is to completely dismantle the old facility, recover the waste, reprocess and re-package it, and then place the re-conditioned waste into a new storage installation (an example of this approach is the recent dismantling of the near-surface storage grounds on the Kurchatov Institute site). This way is labour-consuming and associated with re-production of large amounts of radwaste, making it very expensive.

The second way is to organise additional containment barriers that would provide extra protection of the waste in storage against contact with water, impact of below-freezing temperatures and other potentially harmful factors that may cause radioactivity to be released into the environment. Internationally, such additional barriers have been arranged by means of filling voids in the storage construction with cement or cement-bentonite materials to provide extra isolation, by installing vertical isolation walls in the soil along the storage site perimeter, by making arrangements to ensure that facility is impenetrable to ground water, by depositing multiple layers of soil on top of the facility, installing additional drainage to channel water away, etc. This way is much simpler and cheaper to implement, as it does not require new storage facilities to be built, precludes physical contact with actual radwaste and does not re-generate more waste.

OLD RADON REPOSITORIES

At Radon Moscow, construction and operation of shallow radwaste storage installations began back in the 1960s. The original Radon repositories were subsurface tanks of re-

■ The recently built radwaste storage facilities provide fully compliance with the current safety standards in radwaste management.

Safety of storage in such new facilities is assured by means of converting the waste into a solid form that is stable to external impacts (by cementation, vitrification, bituminisation); by placing radwaste into specialised protective containers (made of metal or concrete); by filling gaps between such individual containers with buffer materials impenetrable to water and ability to contain radioactivity; by creating storage facilities that are themselves strong and impermeable; by arranging storage in deep geological formations to prevent ingress of radioactivity into areas of human activity; by creating additional protective covers on top of storage facilities once they have been filled with waste, and installing drainage to ensure removal of rainwater; by organising radiation monitoring and containment barriers monitoring systems.

Examples of such modern installations include the solid radwaste storage site at El Cabril in Spain, the over-closure structure at Centre de la Manche in France, as well as the newer solid radwaste storage facilities at Radon Moscow in Russia.



Формирование дренажных и изолирующих слоев защитного покрытия хранилища РАО
Installation of drainage and isolating layers of the multi-purpose protective cover

раствором и битумом; размещенные в хранилище отходы заливали цементным раствором. Первичная консервация хранилищ, после их заполнения РАО, включала создание поверхностного защитного экрана из цементного раствора, укладку железобетонных плит перекрытия, заделку швов цементным раствором и укладку слоя асфальта на поверхности плит. Проекты хранилищ предусматривали возможность проведения дополнительной изоляции путем возведения курганного покрытия, но конструкция такого покрытия не была разработана.

Специалисты ГУП МосНПО «Радон» в плановом порядке проводят мероприятия по поддержанию и усилению защитных свойств изоляционных барьеров приповерхностных хранилищ РАО. Проводится ремонт асфальтового покрытия, очистка и укрепление дренажных канав, восстановление монолитности и водонепроницаемости цементного матричного материала, находящегося в хранилищах.

В 2004 были выполнены экспериментальные работы по выбору материалов и определению необходимых параметров (количества, состава и толщины слоев) многофункциональных защитных покрытий хранилищ РАО с учетом конкретных геологических и природно-климатических особенностей площадки размещения приповерхностных хранилищ ГУП МосНПО «Радон». Исследования велись совместно специалистами предприятия, МГУ им. М.В. Ломоносова и ГУП «Геотехнология». Результаты работ проверены на опытных стендах, имитирующих многофункциональные защитные покрытия на поверхности хранилищ.

На основании проведенных исследований в 2006 году осуществлены мероприятия по проектированию и возведению опытно-промышленного многофункционального защитного покрытия на одном из хранилищ твердых ра-

inforced concrete poured on site or assembled from pre-cast panels. The tanks were waterproofed by coating the shells and bottoms with cement grouts and bitumen. The waste in the tank was then backfilled with concrete. Primary conservation of repositories after radwaste loading included building surface protection screens of cement mortar, placement of overlying reinforced concrete slabs, filling gaps with mortar and paving the top surface of slabs with asphalt. The designs made provisions for potential extra isolation by depositing an earth embankment atop the repository, but the actual embankment was never designed.

Specialists of Radon Moscow perform regular activities to maintain and enhance the protective properties of the isolation barriers at near-surface radwaste storage facilities. Asphalt pavements are repaired, drainage troughs cleaned and reinforced, integrity and impermeability to water of the cement grout matrix material restored.

In 2004, experimental work was performed to select materials and choose parameters (number, composition and thickness of layers) for multi-functional protective covers to be placed on top of radwaste repositories, taking into account the specific geological and climatic conditions of the Radon Moscow radwaste storage sites. The research was performed jointly by Radon Moscow, the Lomonosov Moscow State University and SUE Geotekhnologiya. Results of the research were verified on experimental rigs which simulated the multi-functional protective covers on top of radwaste repositories.

On the basis of this research, one such multi-functional protective cover was designed and built in 2006 on top of a low- and medium-level solid radioactive waste repository, which was originally loaded in 1961. Currently, evaluations are under way to determine how effective have the cover design and materials been.

CONSERVATION TECHNOLOGY EFFECTIVENESS: PROVEN

The method of old repository conservation implementation at Radon Moscow is graphically represented below.

Such multi-functional protective covers ensure that atmospheric precipitation water (from rain and snow melt) is removed from the surface of the facility to the drainage system, that civil structures and the contained radwaste



Вид хранилища РАО с возведенным над ним многофункциональным защитным покрытием
View of a radwaste repository with a completed multi-purpose protective cover

диоактивных отходов низкого и среднего уровня активности, заполненного в 1961 году. В настоящее время проводится оценка эффективности решений, определяющих конструкцию и материалы покрытия.

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВАЦИИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОКАЗАНА

Технология консервации старых хранилищ, которая реализуется на ГУП МосНПО «Радон», представлена на схеме.

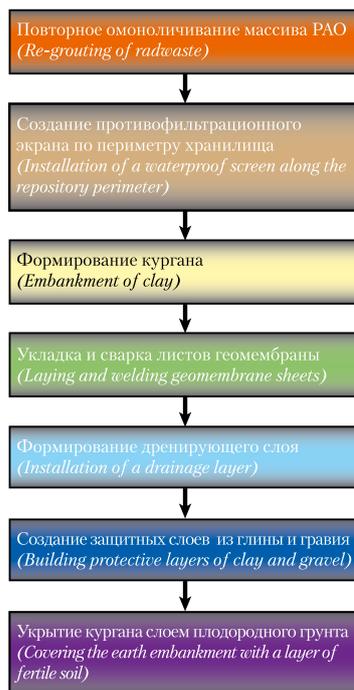
Многофункциональные защитные покрытия обеспечивают отвод атмосферных (дождевых и талых вод) с поверхности сооружения в дренажную систему, защиту строительных конструкций хранилищ и размещенных в них отходов от воздействия циклов заморозания–оттаивания, корней растений, жизнедеятельности норных животных и несанкционированного вмешательства человека, а также защиту грунтовой обваловки и строительных конструкций от водной и ветровой эрозии. С другой стороны, наличие изолирующих водонепроницаемых слоев исключает загрязнение материалов покрытия (песка, гравия, глины) радионуклидами.

Возведение защитного покрытия не вносит дополнительных изменений в конструкцию самого хранилища РАО. Для проведения работ по ремонту или при ликвидации самого хранилища покрытие можно демонтировать.

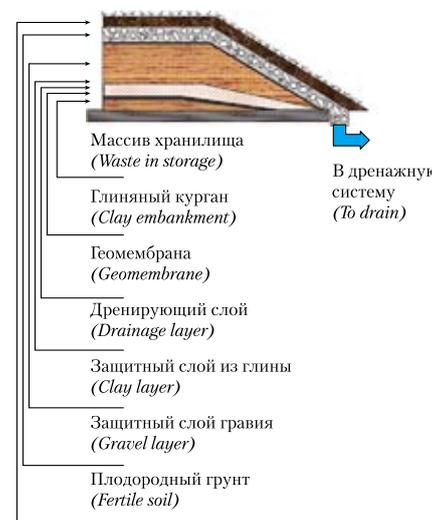
Исследования состояния хранилищ, проведенные в 2007-2008 годах, подтвердили эффективность возведенного защитного покрытия и его положительное влияние на состояние отходов и конструкцию хранилища. Так, обводненность приконтурной зоны хранилищ понизилась на 3-3,5 м. Строительные конструкции сооружений и размещенные в них РАО находятся в зоне теплового поля с положительными температурами, независимо от температуры окружающей среды.

Специалистами предприятия разработана и смонтирована система мониторинга, которая позволяет вести постоянный неразрушающий контроль состояния отходов в хранилище и грунтов в приконтурной зоне. Она предполагает контроль наличия воды, температурного режима, мощности дозы излучения, а также отбор проб.

Опыт ГУП МосНПО «Радон» по разработке и возведению многофункциональных защитных покрытий приповерхностных хранилищ РАО может найти широкое применение – на предприятиях, имеющих приповерхностные хранилища РАО, при консервации отходов и рекультивации территорий открытых хранилищ радиоактивных и химических отходов (прудов-отстойников, хвостохранилищ, отвалов, терриконов), а также при разработке концепций и проектов реабилитации территорий, площадок АЭС и пунктов размещения РАО при выводе из эксплуатации.



ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВАЦИИ СТАРЫХ ХРАНИЛИЩ, КОТОРАЯ РЕАЛИЗУЕТСЯ НА ГУП МосНПО «РАДОН» THE METHOD OF OLD REPOSITORY CONSERVATION IMPLEMENTED AT RADON MOSCOW



are protected against the impact of freezing-thaw cycles, vegetation roots, hole-digging animals and unauthorised human access, and that the soil and clay embankments and civil structures are protected from water and wind erosion. On the other hand, the presence of water-tight layers makes sure the cover materials (sand, gravel, clay) will not become contaminated with radionuclides.

The construction of the protective cover does not imply modifications to the existing repository constructions. Should it be necessary to repair or dismantle the repository, the cover could simply be removed.

Evaluations performed in 2007-2008 have demonstrated that the installed cover has been effective and has had a positive impact on the status of the repository and the contained waste. For example, the watering of the surrounding area decreased by 3-3.5 m. The civil structures of the repository and the contained radwaste are now all located with the thermal field of positive temperatures regardless of the outside temperature level.

Radon Moscow specialists have designed and installed a monitoring system that enables continuous non-destructive inspection of the contained waste and the surrounding soils. The system can detect water ingress, measures temperatures, exposure dose rate, and can take samples.

The experience of SUE SIA Radon in designing and building such multi-purpose protective covers on top of near-surface radwaste storage facilities may yet find much wider use – it may be used on essentially any site where radwaste is stored in shallow repositories, and for conservation and re-vegetation of any open dumps for radioactive and chemical waste (clearing ponds, tailing dumps, spoil banks, mining refuse heaps). It is also a potential solution to be envisaged in concepts and designs of land rehabilitation, decommissioning of NPPs and radwaste storage grounds.