

КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ

ПУНКТА ХРАНЕНИЯ РАО

COMPREHENSIVE MONITORING OF RADWASTE REPOSITORIES

А.С. БАРИНОВ, *к.т.н.*,
В.В. ПУСТОВАРОВ
(ГУП МосНПО «Радон»)



■ Государственные регулирующие и надзорные органы определяют критерии безопасности, которым должны соответствовать организации, эксплуатирующие пункты хранения радиоактивных отходов. Для контроля соблюдения установленных требований проводится комплексный мониторинг пункта хранения, включающий оценку воздействия на хранилища природных факторов с целью предотвращения выхода радионуклидов в окружающую среду.

Научно-производственный комплекс ГУП МосНПО «Радон» по переработке и хранению радиоактивных отходов эксплуатируется с 1961 года.

Пункт хранения РАО находится под постоянным контролем российских органов надзора и регулирования использования атомной энергии, его регулярно обследуют специалисты МАГАТЭ. Контроль на территории научно-производственного комплекса и в зоне его возможного влияния на население и

ТАБЛИЦА 1. ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ В 2007 ГОДУ

TABLE 1. ATMOSPHERIC RELEASES IN 2007

Радионуклид <i>Radionuclide</i>	Фактические выбросы, факт/ПДВ <i>Actual release / permissible</i>
⁶⁰ Co	0,00E+00
⁹⁰ Sr	7,594E-10
¹³⁴ Cs	2,672E-09
¹³⁷ Cs	8,684E-07
Прочие β/ <i>Other β</i>	1,800E-07
²³⁹ Pu	7,838E-07
²³⁸ Pu	8,904E-06
Прочие α/ <i>Other α</i>	2,834E-06

ТАБЛИЦА 2. СБРОСЫ В 2007 ГОДУ

TABLE 2. LIQUID DISCHARGES IN 2007

Радионуклид <i>Radionuclide</i>	Фактические выбросы, факт/ПДС <i>Actual discharge / permissible</i>
⁹⁰ Sr	0,056
¹³⁷ Cs	0,019
²²⁶ Ra	0,084
²³⁸ Pu	0,000
Прочие β/ <i>Other β</i>	0,424

A.S. BARINOV, *Candidate of Technical Science*
V.V. PUSTOVAROV
(SUE SIA Radon)



■ The state regulatory and supervisory authorities determine the safety criteria that the operators of radwaste repositories have to comply with. In order to make ensure compliance, comprehensive monitoring of the storage site is required, including evaluation of the impact that natural phenomena may have on the site to preclude release of any radioactivity into the environment.

The Radwaste Storage and Processing Centre of Radon Moscow has been in operation since 1961.

This waste repository is under continuous supervision of the Russian nuclear regulatory authorities and is regularly checked by visiting inspectors from the IAEA. The site of the Radwaste Centre and the territory surrounding it, where residents and the environment may be influenced by its operations, are monitored by the Radiation Safety Department of Radon Moscow. The monitoring activities follow a special programme that extends to over 32 monitored parameters, including exposure doses to personnel and the public residing around the monitoring station.

ORGANISATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING

The programme of environmental radiation monitoring envisages radiation monitoring of 16 environmental objects and of members of the public living within the site's monitored area. A grid of observation wells is also set up to monitor groundwater.

The programme makes provisions for periodic (from daily to annual) taking of air, water, bottom sediments, vegetation and food-chain samples from 85 stationary stations. In 2007 alone, 1950 samples were taken and 49,000 measurements performed.

An automatic radiation monitoring system is used to continuously monitor γ-radiation dose rate on the site and its vicinity. Ten automatic radiation measuring units are installed on the site and in inhabited locations nearby.

A reference area with similar conditions, where there is definitely no impact from the site, is used for background sampling and comparative analysis.



Транспортировка контейнеров с РАО
Radwaste container transportation

окружающую среду проводит служба радиационной безопасности предприятия. Контроль проводится по специальной программе, включающей 32 параметра радиационного контроля, в числе которых дозовые нагрузки на персонал и население, проживающее в зоне наблюдения пункта хранения.

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Программа радиационно-экологического мониторинга окружающей среды регламентирует радиационный контроль 16 объектов окружающей среды и населения, проживающего в зоне наблюдения предприятия. Для контроля грунтовых вод устроена сеть наблюдательных скважин.

В рамках программы с различной частотой (от суток до года) на 85 стационарных точках контроля выполняется отбор проб воздуха, воды, донных отложений, растительности, а также элементов пищевой цепи. В 2007 году проведен отбор 1950 проб, выполнено 49 тыс. измерений.

Автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) непрерывно контролирует мощность дозы γ -излучения на территории площадки и в зоне наблюдения. На пункте хранения и в ряде окружающих населенных пунктов размещено десять датчиков АСКРО.

В местности со схожими условиями, где исключено влияние пункта хранения, специалисты предприятия производят отбор фоновых проб для сравнительного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Дважды в год предприятие представляет результаты радиационного контроля регулирующим и надзорным органам по установленным формам.

В таблице 1 приведена активность выбросов радиоактивных веществ в атмосферу (в единицах, установленных разрешением предельнодопустимых значений), в таблице 2 – данные контроля сбросов за 2007 год.

RESULTS OF RADIOLOGICAL MONITORING

Twice a year Radon Moscow reports its radiation monitoring results to the regulatory authorities using a certain reporting format.

Table 1 below summarises the actual atmospheric releases of radioactivity in 2007 as proportion of permissible, Table 2 is a similar summary for discharges over the same year.

The information contained in the radiation hygiene passport of SUE SIA Radon Moscow for 2007 indicates that the exposure dose from the radwaste storage site operations to category A personnel was 0.44 mSv (versus 20 mSv permissible), and to some members of the public (category B personnel) – 0.09 mSv (versus 5 mSv permissible).

The average individual risk for personnel is 1.4E-05, and collective risk is 2.6E-02 cases per year. For the public living in the vicinity of the site there are no individual or collective risks as a result of the site's operations.

STUDIES OF GEODYNAMIC PROCESSES

Whether radioactivity will escape into the environment depends on how reliable the barriers are. The status of the barriers is monitored using a system of observation wells that covers the territory directly adjacent to the storage site.

To make sure the barriers in the radwaste repository are integral, the geological media surrounding them must be monitored. Primarily, the impact of deformations in the earth's upper crust on the radwaste storage must be evaluated, as even insignificant displacements over extended

ТАБЛИЦА 3. УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ РАДИОНУКЛИДОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ЗОНЫ НАБЛЮДЕНИЯ ПУНКТА ХРАНЕНИЯ
TABLE 3. SPECIFIC ACTIVITY VALUES OF CERTAIN RADIONUCLIDES AS MEASURED IN ENVIRONMENTAL OBJECTS IN THE STORAGE SITE VICINITY

Объект контроля Object	Активность, Бк/кг Activity, Bq/kg	В единицах установленных НРБ-99 ДУ для населения Versus NRB-99-prescribed permissible levels for general public
Воздух Air	^{90}Sr – ^{137}Cs –	– –
Вода открытых водоемов Water from open pools	^{90}Sr – 0,071 Бк/кг ^{137}Cs – 0,049 Бк/кг	$1,42 \times 10^{-2}$ $4,45 \times 10^{-3}$
Молоко Milk	^{90}Sr – ^{137}Cs –	– –
Картофель Potatoes	^{90}Sr – ^{137}Cs –	– –
Фрукты, ягоды Fruits & berries	^{90}Sr – 1,21 Бк/кг ^{137}Cs –	$4,00 \times 10^{-2}$ –
Овощи Vegetables	^{90}Sr – ^{137}Cs –	– –
Грибы Mushrooms	^{90}Sr – ^{137}Cs – 9,00 Бк/кг	– $2,25 \times 10^{-2}$

– отсутствует/means none

Данные радиационно-гигиенического паспорта ГУП МосНПО «Радон» за 2007 год свидетельствуют, что дозовая нагрузка, обусловленная эксплуатацией пункта хранения, на персонал группы А составила 0,44 мЗв при допустимой 20 мЗв, на часть лиц из населения (персонал группы Б) – 0,09 мЗв при допустимой 5 мЗв.

Средний индивидуальный риск для персонала составляет $1,4E-05$, коллективный риск – $2,6E-02$ случаев в год. Для населения зоны наблюдения индивидуальный и коллективный риски, обусловленные деятельностью предприятия, отсутствуют.



Комплекс по сортировке и фрагментированию отходов
Radwaste separation and fragmentation complex

ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

От надежности инженерных барьеров хранилищ радиоактивных отходов зависит возможность выхода радиоактивных веществ в окружающую среду. Мониторинг состояния таких барьеров осуществляется с помощью системы наблюдательных скважин, организованной в ближней зоне хранилищ.

Для обеспечения целостности инженерных барьеров хранилищ радиоактивных отходов необходим контроль состояния геологической среды в районах их размещения. В первую очередь – оценка воздействия деформации верхней части земной коры на состояние хранилищ РАО, так как даже незначительные смещения за длительное время эксплуатации хранилищ могут вызвать нарушение бетонных конструкций и образование в них макро- и микротрещин.

В 2002-2005 годах сотрудники Геофизического центра РАН совместно со специалистами центра геоэкологии и реабилитации территорий ГУП МосНПО «Радон» провели пилотные исследования, посвященные оценке возможности применения для изучения деформационных процессов методов космической геодезии (GPS-технологии), точность которых на порядок выше, чем у традиционных способов контроля.

durations of time may cause disruption of integrity in concrete structures and formation of micro and macro cracks.

In 2002-2005, specialists of the Centre of Geophysics of the Russian Academy of Science and of the Centre of Geoecology and Rehabilitation of Land of Radon Moscow conducted a pilot study to assess whether space geodesy methods (GPS-technologies), which are more accurate than the traditional methods, could be used for assessment of the deformations processes.

As a result of this research, a database was created for geological and geophysical information linked to geographic locations, and a systematic analysis of the collected data was performed. A methodology and technology of GPS-observations were developed that ensure accuracy of up to 10 mm/year to be used for monitoring of geodynamic processes in the vicinity of the waste repository.

It is currently proposed that, based on the results of the project, a comprehensive upper-crust geodynamics monitoring system to be created in Radon Moscow. The system will include the facilities for continuous GPS-based monitoring of geodynamics and a network of stationary observation reference points, including some on the premises. It is also expected that a system of continuous on-line monitoring will be implemented on the basis of the national satellite system GLONASS.

■ **Принцип многобарьерности**, используемый ГУП МосНПО «Радон» при обращении с радиоактивными отходами, гарантирует нераспространение радионуклидов в течение всего времени хранения, пока они представляют опасность.

В процессе переработки отходов, с включением радионуклидов в прочные матричные материалы (стекло, цемент, керамику и т.д.), создается первый защитный барьер. Второй защитный барьер – специальный упаковочный комплект (металлические и железобетонные контейнеры), в котором размещают матрицы. Пустоты заполняют специальным балластным наполнителем с высокими сорбционными свойствами, являющимся дополнительным барьером.

Контейнеры с отходами помещают в специальные гидроизолированные хранилища различных видов (приповерхностные, колодезного и скважинного типов). Эти сооружения представляют собой систему многофункциональных защитных инженерных барьеров, минимизирующих воздействие на РАО внешних факторов.

Важным изолирующим барьером хранилища является геологическая формация, где размещены отходы, предотвращающая распространение радионуклидов из хранилища в окружающую среду.

В результате исследований создана база геолого-геофизических данных, имеющая географическую привязку, выполнен системный анализ полученной информации. Разработана методология и технология проведения GPS-наблюдений с точностью до 10 мм/год для изучения геодинамических процессов в ближней зоне хранилищ РАО.

На основе этого проекта в научно-производственном комплексе ГУП МосНПО «Радон» предполагается создать комплексную систему мониторинга геодинамических процессов, протекающих в верхней части земной коры. В рамках такой системы будет организован постоянно действующий геодинамический полигон GPS-наблюдений, содержащий капитальные реперы наблюдения, в том числе непосредственно на объектах, представляющих радиационную опасность. Планируется также разработка системы постоянного наблюдения в режиме «on-line» с использованием национальной спутниковой системы ГЛОНАСС.

Предварительные данные, полученные в результате осуществления пилотного проекта, подтверждают общую тектоническую стабильность площадки научно-производственного комплекса: скорость среднегодовых смещений поверхности достаточно мала и находится в пределах погрешности измерения. При сохранении такой скорости в ближайшие 100-150 лет не произойдет критических деформаций поверхности. Следовательно, в условиях длительной эксплуатации хранилищ РАО маловероятно образование в стенах хранилищ нарушений, которые приведут к растворению радионуклидов грунтовыми водами.

Результаты многолетних исследований свидетельствуют, что производственная деятельность предприятия не наносит ущерба окружающей среде и не представляет опасности для населения, проживающего вблизи пункта хранения. ГУП МосНПО «Радон» вручен «Международный сертификат качества» в области управления качеством при обращении с РАО, мониторинга окружающей среды, дезактивации территорий, который подтверждает соответствие деятельности предприятия требованиям международного стандарта ISO 9001:2000.

Дальняя зона, радиус до 30 км
Surrounding zone, radius up to 30 km



Площадка (ближняя зона), радиус до 1 км
Site location zone, radius up to 1 km

Схема района GPS наблюдений
GPS monitoring area

The preliminary information collected as a result of the pilot project confirms that the area around the site is in general tectonically stable: the rate of annual displacement is fairly small and lies within the measurement error. If this rate is maintained, over the next 100-150 years there will be no critical surface deformations occurring. Consequently, it is unlikely that during long-term storage of radwaste the walls of the repository will develop discontinuities large enough to lead to the leaching of radionuclides by ground water.

The results gathered over the many years of research indicate that the production operations of the Radon waste repository have caused no damage to the environment and are not detrimental to the health of people residing near the site. SUE SIA Radon holds the International Quality Certificate for its QA system covering radwaste management, environmental monitoring and land decontamination, which confirms that the company's activities are in compliance with the requirements of the international quality standard ISO 9001:2000.

■ **The defence-in-depth principle** employed by SUE SIA Radon Moscow in its radwaste management operations guarantees that there will be no release of radioactivity into the environment for as long as the radwaste poses any danger.

During radwaste processing, the first defence barrier is created by the inclusion of radionuclides into a solid matrix material such as glass, cement, ceramic, etc. The second barrier is the overpack - a metallic or concrete cask that holds the matrix material. Voids inside the overpack are filled by a ballast filler material with excellent sorption properties, which also acts as an additional barrier.

The overpacks with waste are then placed inside waterproof storage structures of various kinds, which may be near-surface or well-type. These act as multi-functional engineered barrier systems that minimise external impacts on the radwaste in storage.

An important isolating barrier is the deep geological formation where the waste is ultimately placed, which prevents any release of radioactivity from the waste repository into the environment.