

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ И ПАСПОРТИЗАЦИЯ РАО

RADWASTE CHARACTERISATION AND CERTIFICATION

В.В. ВЕРБИЦКИЙ
(ГУП МосНПО «Радон»)



V.V. VERBITSKY
(SUE SIA Radon Moscow)

■ **Первоосновой системы безопасного обращения с радиоактивными отходами, независимо от существующих или будущих долгосрочных программ, этапов их практической реализации и текущих приоритетов, является знание радиационных характеристик и вещественного состава учетных единиц РАО. Источником знаний является характеристика отходов.**

В документах МАГАТЭ всесторонне разъяснен этот неотъемлемый атрибут системы обращения с РАО. РАО должны быть охарактеризованы для определения их физических, химических и радиационных свойств, что дает возможность провести классификацию для выбора наиболее безопасного и экономически эффективного варианта обращения с отходами.

Характеризация и классификация позволяют:

- обеспечить достоверными сведениями систему обращения с РАО предприятия и государственную систему учета и контроля РВ и РАО;
- разделить отходы в целях их условного (ограниченная область повторного использования) или безусловного (неограниченная область) освобождения от контроля;
- минимизировать риск ошибочного решения при выборе способа переработки, хранения и передачи приемлемых радиоактивных отходов с одной стадии на другую;
- прогнозировать изменение характеристик и поведения РАО, размещенных в хранилищах.

МЕТОДЫ РАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Методы разрушающего контроля предполагают отбор проб и их анализ. Они незаменимы при присутствии в отходах β -излучающих радионуклидов; могут использоваться для характеристики РАО. Однако, этот вариант может создавать проблемы, главными из которых являются продолжительное время ожидания и низкая достоверность результатов измерений.

Причиной трудностей является сам объект лабораторных исследований – точечная проба из упаковки РАО, прошедшая предварительную многостадийную подготовку. Отбор представительной пробы затруднен при наличии в отходах металлических конструкций, строительного мусора, вентиляционных фильтров, спецодежды, органических остатков, грунтов, химических реактивов, золы и т.д. Сроки получения результатов измерений могут составлять недели, в то время как федеральные нормы и правила требуют провести окончательную приемку, включая согласование результатов измерений с поставщиком, и постановку РАО на учет не позднее 10 суток после их получения.

По результатам проводимой в ГК «Росатом» работы по организации и проведению на постоянной основе отраслевых межлабораторных сличений методов и средств изме-

■ **The backbone of any system for safe management of radioactive waste, regardless of any ongoing or future long-term programmes or their stages of practical implementation or current priorities, is knowledge of the radiation properties and material composition of the radwaste units that are managed. The source of this knowledge is characterisation of waste.**

IAEA guidelines provide an extensive explanation of this intrinsic element of any radwaste management system. Radwaste must be characterised in order to establish its physical, chemical and radiation properties, enabling classification and selection of the safest and most economically efficient method of waste management.

Characterisation and classification allow to:

- Supply reliable information to the site radwaste management system and the national radioactive substances and waste accounting system;
- Segregate the waste into conditional (limited re-use applications) or unconditional (no limitations on re-use) clearance groups;
- Minimise risk of mistaken choice of processing technology, method of storage and transfer of acceptable radioactive waste from one stage of management to another;
- Predict changes in the characteristics and behaviour of radwaste while in storage.

DESTRUCTIVE EXAMINATION

Destructive examination methods presume collection and analysis of samples. Such methods are essential when the waste includes β -emitting radionuclides; they may also be used for characterization of radwaste. They, however, have certain drawbacks, the most important of which are the long time it takes to obtain results and low reliability of measurements.

These difficulties are attributable to the very nature of the object of laboratory research – a sample collected from a single location in a package of radwaste, which has undergone a series of preparations. Collection of a representative sample may be even more difficult if the waste includes metallic structures, construction debris, ventilation filters, clothing, organic residue, soils, chemical reagents, ash, etc. The duration of time for measurement results to be received back from the lab may be in the weeks, while the federal regulations require that the waste be finally accepted (and that includes agreement with the waste supplier on measurement results) and put into the accounting system within 10 days of receipt.

Resulting from the work that is currently being performed by the Rosatom Corporation to organise and regularly perform industry-wide inter-laboratory benchmark

рений основных дозообразующих радионуклидов (интеркалибраций) сделаны следующие выводы о текущем состоянии аналитических лабораторий [1]:

- значительная часть лабораторий, включая аттестованные, не смогли выполнить анализы «темных проб» с достаточной точностью; наиболее вероятным источником ошибок является этап пробоподготовки;
- недостоверность (низкая точность) ряда результатов может быть объяснена использованием неоптимальных методик, морально устаревшего оборудования и невысокой квалификацией персонала;
- развитие работ по интеркалибрации на постоянной основе требует создания библиотеки стандартных образцов в различных матрицах, банка методических материалов, организации эффективной системы обучения и повышения квалификации персонала;
- интеркалибрация позволяет определить перечень необходимых и достаточных технических средств для выполнения анализов, консолидировать их закупку, и обеспечить экономию средств ГК «Росатом».

Таким образом, даже в рамках одного ведомства, существующего несколько десятков лет, отсутствует управление процессом обеспечения единства измерений. Каждая организация обеспечивает собственные потребности в измерениях, опираясь на свои финансовые и кадровые ресурсы.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ

Для предприятий с большими объемами РАО, находящихся на различных стадиях обращения, при характеристике предпочтительно использовать экспрессные, неразрушающие методы измерений. Это позволяет свести к минимуму проблемы, возникающие при необходимости временного хранения большого количества отходов в ожидании принятия решения. К таким методам относятся:

- пассивные γ -спектроскопические – для оценки содержания в отходах γ -излучающих радионуклидов, включая α -излучающие и трансурановые нуклиды, определяемые по продуктам распада;
- рентгенографические, позволяющие судить о содержимом упаковок с отходами.

Применение этих методов особенно эффективно при исследовании неомоноличенных отходов.

Дополнительную привлекательность γ -спектрометрическим методам придает возможность современных систем характеристики моделировать форму объекта, распределение активности и материала, поглощающего излучение, с помощью набора типовых шаблонов.

Современное состояние характеристики РАО методами неразрушающего контроля значительно хуже, чем при проведении лабораторных исследований. Проблемы те же, но многолетний опыт работ повсеместно отсутствует. Ни ГК «Росатом», ни концерн «Росэнергоатом», ни ФГУП «РосРАО» не имеют программ развития характеристики.

ПРАКТИКА ГУП МОСНПО «РАДОН»

На ГУП МосНПО «Радон» характеристика РАО возложена на специализированное подразделение, в круг обязанностей которого входят:

measurements to compare and reconcile measurement methods and instruments for key dose-contributing radionuclides (so-called inter-calibrations), the following conclusions have been made regarding the current status of analytical laboratories [1]:

- Many laboratories, including some that are qualified, are not able to analyse a sample of unrevealed nature with sufficient accuracy; the most likely source of error was the sample preparation stage;
- Uncertainty (low accuracy) of a number of measurement results may be attributed to employment of non-optimal methods, outdated equipment and poor personnel qualification;
- Further advancement of regular inter-calibration activities requires creation of a library of standard references enclosed in various matrices, a databank of methodological materials, and organisation of an effective system for training and advanced training of personnel;
- Inter-calibration provides an effective tool for identifying the essential and sufficient list of instrumentation for analysis, and for consolidation of procurement of that instrumentation, thus proving cost-saving for the Rosatom Corporation.

Therefore, even within a single organisation that has existed for dozens of years, there is no proper management in place to assure uniformity of measurements. Each division caters to its own measurement needs based on its own financial and human resources available.

NONDESTRUCTIVE EXAMINATION

For companies that have to handle large quantities of radwaste at different stages of management, characteriza-



Рис. 1. Мобильный γ -спектрометр ENV.GMS-08.02 для измерений упаковок большого объема, имеющих форму параллелепипеда
Fig. 1. Mobile γ -spectrometer ENV.GMS-08.02 for measurements on large parallelepiped-shaped packages



Рис. 2. Мобильный γ -спектрометр ENV.GMS-08.01m для измерений РАО в 200-литровых металлических бочках, оборудован платформой вращения

Fig. 2. Mobile γ -spectrometer ENV.GMS-08.01m for measurements on radwaste in 200-litre metallic drums, complete with a turntable

- характеристика РАО (проведение учетных и подтверждающих измерений);
- паспортизация РАО (обеспечение сопроводительными документами учетных единиц РАО на всех стадиях обращения);
- оперативный учет РВ и РАО и выпуск отчетных документов;
- ведение архива сопроводительных, учетных и отчетных документов.

Наличие в системе обращения с РАО предприятия таких операций переработки ТРО, как прессование и сжигание, требует использования рентгенографических методов контроля для выявления запрещенных к переработке предметов. Также принимаются во внимание коэффициент заполнения упаковки (реальный объем РАО) и ориентировочная плотность материала в упаковке.

При выборе модели технических средств неразрушающего рентгеновского контроля следует обратить внимание на наличие российского санитарно-гигиенического заключения, грузоподъемность ленточных транспортеров, устойчивость к окружающим воздействиям (пониженная и повышенная температура, запыленность, влажность).

Процедуры учетных измерений проводятся с помощью современных технических средств – стационарных и мобильных спектрометров γ -излучения ISOCS (США), «Садовник» (Россия), ENVINET (Чехия).

Первые два спектрометра специалистам известны. В нашей стране их продано несколько экземпляров. Потенциальным пользователям незнакомы спектрометры ENVINET. Компания выиграла в 2007 году конкурс на поставку оборудования для характеристики РАО для ГУП МосНПО «Радон» по проекту Еврокомиссии «TACIS».

Метрологическую основу чешских спектрометров составляет цифровой многоканальный спектрометр DigiDART (торговая марка ORTEC, США). В его состав входят полупроводниковый детектор, многоканальный анализатор и программное обеспечение IsoPlusB32.

Основным отличием чешских спектрометров от известных ISOCART, является послойное сканирование упаковки по высоте, встроенное дополнительное оборуду-

tion should preferably be based on fast non-destructive methods. This helps minimise problems that occur as a consequence of the need to store temporarily large amounts of waste in stand-by mode waiting for a decision to be made. Such nondestructive methods include:

- passive γ -spectrometry – for evaluation of γ -emitting radionuclides content in the waste, including α -emitters and transuranics, which can be identified through their decay products;
- X-ray examination, which helps identify the physical contents of waste packages.

These methods are especially effective for examination of non-monolithic waste.

Another advantage offered by γ -spectrometry is that modern characterization systems can model the shape of object, distribution of radioactivity and absorbing materials, using a set of standardised gauges.

The current overall status of radwaste characterization using nondestructive examination methods, however, is far worse than even that of laboratory research. The problems are the same, but experience is lacking across the board. Neither the Rosatom Corporation, nor Rosenergoatom, nor RosRAO have any programmes to advance their characterization activities.

PRACTICES AT SUE SIA RADON MOSCOW

On Radon Moscow, characterization of radwaste is performed by a dedicated specialised division, whose responsibilities include:

- radwaste characterization (performance of accounting and confirmatory measurements);
- radwaste certification (provision of accompanying documents for radwaste accounting units at all stages of management);
- operative accounting of radioactive substances and radwaste and issue of reports;
- maintaining an archive of accompanying, accounting and reporting documentation.

The fact that the company's radwaste management system features such solid waste processing operations as compaction and incineration dictates that X-ray examination methods be applied to detect any objects that are not allowed to enter those processing stages. Also taken into account are the package fill factor (actual volume of radwaste) and approximate density of the material in the package.

When choosing the type of instrumentation used for nondestructive X-ray examination, attention should be paid to factors such as availability of a Russian-issued sanitary-hygienic conclusion report, lifting capacity of belt transporters, resistance to ambient impacts (low or high temperature, dustiness, humidity).

Accounting measurements are taken using state-of-the-art instrumentation – stationary and mobile γ -radiation spectrometers such as ISOCS (USA), Sadovnik (Russia), ENVINET (Czech Republic).

The first two spectrometers are well-known to our specialists. Several of them have been sold in Russia. The ENVINET spectrometers our potential users were not familiar with. That Czech vendor won the 2007 contract for supply of radwaste characterization equipment for SUE

дование (перестраиваемый коллиматор, весы, платформы вращения, улучшенная тыловая и боковая защита детекторов) и оригинальные программные надстройки. Все это повышает как качество измерений, так и потребительские свойства. Оценку неоднородности распределения активности можно просмотреть на экране монитора (рис. 4).

Спектрометры ENVINET были спроектированы, изготовлены, испытаны и смонтированы чешскими специалистами на производственной площадке ГУП МосНПО «Радон» в мае 2009 года. Опытная эксплуатация в течение года проходила без замечаний; возникающие вопросы оперативно решались по «горячей линии». Три участка, оборудованные чешскими спектрометрами (рис. 1-3) позволяют при односменной работе обеспечить характеризацию до 1500 м³ РАО в год.

Для повышения качества измерений работниками «Радона» изготовлены несколько объемных мер активности в виде 200-литровых бочек с различной плотностью наполнителя. Распределение плотности и активности – равномерное. Для исследований неравномерного распределения плотности и активности РАО с помощью специалистов Радиового института им. В.Г. Хлопина изготовлен имитатор в виде 200-литровой бочки и набор из 25 двухнуклидных источников общей активностью 10 МБк. Его конструкция позволяет произвольно изменять расположение активности и различных наполнителей в бочке.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ ХАРАКТЕРИЗАЦИИ РАО

Практика показывает, что для проведения характеристики в круглогодичном режиме необходимо наличие специализированного здания (помещения), в противном случае возникает необходимость в большом количестве промежуточных разгрузочно-погрузочных операций по доставке упаковок РАО к месту измерений и возврату их на участки переработки или технологического хранения.

Эффективность контроля и достоверность результатов измерений возрастает при проведении характеристики всех первичных форм РАО (отходов, доставляемых на предприятие и образующихся в процессе производства). В этом случае не требуется в полном объеме проводить характеристику промежуточных, полученных после переработки и окончательных форм РАО. Достаточно подтверждающих измерений некоторых характеристик отходов, остальные параметры нетрудно получить расчетным способом. Однако применение такого подхода требует организации системы маркировки.

Для реализации требований федеральных норм и правил к достоверности и оперативности передачи сведений об операциях с РВ и РАО в Систему государственного учета и контроля РВ и РАО необходима особая ответственность и дисциплина работников всех подразделений, на которых возложены обязанности по учету и контролю. Статус ответственного за учет и контроль в организации должен позволять самостоятельное создание условий для неукоснительного исполнения требований учета и контроля, вплоть до приостановки работ и отстранения от работы виновника нарушений. Примером может служить положение системы качества концерна «Росэнергоатом»: обязан-

SIA Radon Moscow under a European Commission and TACIS-sponsored project.

The metrological core of the Czech spectrometer is the digital multichannel spectrometer DigiDART (trademark owned by ORTEC, USA). It includes a semi-conductor detector, multichannel analyser and IsoPlusB32 software.

The main difference of the Czech spectrometers from the better-known ISOCART instrumentation is that they perform layer-by-layer height scanning of the package, and feature built-in additional equipment (tunable collimator, scales, turntables, improved back and side protection of detectors) and original add-on software. All that enhances both the quality of measurement and user-friendliness of the device. An assessment of non-uniformity of activity distribution is available to be viewed on a display screen (fig. 4).

ENVINET spectrometers were designed, built, tested and assembled by Czech specialists on the SUE SIA Radon Moscow site in May 2009. Trial operation over one year did not raise any concerns; any questions were promptly answered using the 'hot line'. Three areas fitted with the spectrometers of Czech manufacture (fig. 1-3) provide for characterization of up to 1,500 m³ radwaste a year if used in single-shift mode.

In order to further enhance the quality of measurements, specialists of Radon made several volumetric activity gauges in the form of 200-litre drums with various filler densities. Density and activity within a single drum are uniformly distributed. In order to study nonuniform distributions of density and activity in radwaste, specialists of the Khlopin Institute of Radium assisted us with the making of a 200-litre simulator drum and a set of 25 two-nuclide radiation sources with total activity 10 MBq. The simulator is designed so as to allow for unrestricted re-positioning of the activity sources and various fillers inside the drum.



Рис. 3. Стационарный γ -спектрометр ENV.GMS-08.01s (перестраиваемый коллиматор, система электроохлаждения (X-cooler), конвейер емкостью 21 упаковка, встроенные весы, платформа вращения)
Fig. 3. Stationary γ -spectrometer ENV.GMS-08.01s (tunable collimator, electrical cooling system (X-cooler), 21-package capacity conveyor, built-in scales, turntable)

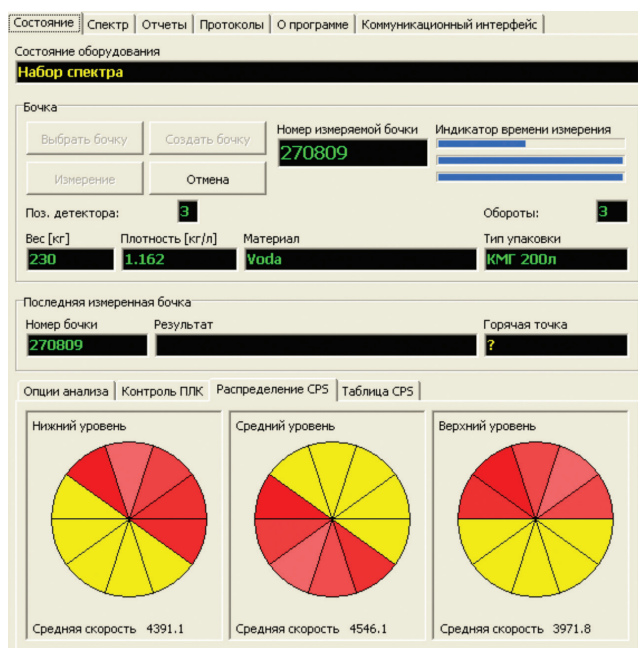


Рис. 4. Экранная форма, дающая представление о неоднородности распределения активности в исследуемых слоях упаковки
 Fig. 4. Screen form displaying irregularities of activity distribution in the surveyed package

ности по учету и контролю ЯМ и РАО на АЭС осуществляют заместитель главного инженера по безопасности и отдел по безопасности [2].

Для качественного производства измерений обязательно наличие объемных мер активности. Незаменимую помощь в работе могут оказать каталоги радионуклидных источников и приборов отечественного и зарубежного производства. Обязательно наличие программы учета РАО, обеспечивающей ввод и оперативное получение сведений об отходах на всех стадиях обращения.

С учетом изложенного материала можно констатировать следующее:

- большинство предприятий не сможет проводить характеризацию РАО самостоятельно по причине отсутствия оборудования и подготовленных работников или потому, что приобретение оборудования, обучение и содержание работников будет финансово обременительно;
- необходима организация рынка услуг в области характеризации РАО и возложение обязанностей по его организации и управлению на будущего национального оператора;
- в нормы и правила следует внести изменения, устанавливающие пределы значимых расхождений результатов подтверждающих измерений при передаче РАО и снижающие требования к учетным измерениям в организациях, которые накапливают и временно хранят РАО для передачи их в специализированные организации.

Литература / References:

1. Тишков В.П. Организация и проведение отраслевой интеркалибровки аппаратуры и методов контроля среди лабораторий, обеспечивающих инвентаризацию состояния объектов и комплексное инженерно-радиационное обследование. 4-й Всероссийский семинар-совещание «Система государственного учета и контроля РВ и РАО». – Санкт-Петербург, 2010.
2. РДЭО 0214-02. Система качества. Общие руководства по качеству. – Концерн «Росэнергоатом».

RECOMMENDATIONS FOR ORGANISATION OF RADWASTE CHARACTERIZATION SYSTEMS

As evidenced by practical experience, in order to organise year-round characterization capability, a dedicated building (room) is required, as otherwise numerous interim loading-unloading and handling operations would have to be performed to deliver the radwaste packages to the measurement location and return them to their processing or storage areas.

Effectiveness of examination and reliability of measurement results increases if characterization is performed on all primary radwaste forms (waste as delivered to site or as generated during production). If that is the case, there will be no need to carry out full characterization of all interim, post-processing and final forms of radwaste. It would be sufficient to just perform a few confirmatory measurements of some of the waste characteristics, with the remaining parameters easily derived by calculations. However, for this approach to be implemented, a proper tagging/marking system needs to be set up.

In order to comply with the requirements of federal regulations concerning reliability and promptness of submission of information about any operations involving radioactive substances or radwaste to the State Accounting System for Radioactive Substances and Radwaste, strong discipline and responsibility is required of employees in all divisions that perform the accounting function. Responsibility for fulfilling an accounting-related function should come with sufficient authority to ensure strict observance of accounting requirements, all the way to and including the right to suspend activities and dismiss any individual who fails to observe the requirements. An example of that is the quality assurance system in Rosenergoatom: the obligation to fulfil the nuclear materials and radwaste accounting function on a nuclear power station lies with deputy chief engineer for safety and with the security department [2].

So that the quality of measurements can be assured, volumetric activity gauges are essential. Irreplaceable assistance can also be provided by catalogues of radionuclide sources and instruments of domestic and foreign manufacture. Radwaste accounting software is most definitely required, which can provide entry and prompt retrieval of information about the waste in all stages of management.

In view of the above, the following can be concluded:

- most sites are currently not in a position to independently perform characterization of their radwaste as they lack the equipment and trained personnel or as procurement of such equipment, hiring and training such personnel would be financially burdensome;
- action is needed to create a market for radwaste characterization services and impose appropriate obligations on its organization and management upon the future national operator;
- regulations should be amended to establish limits of significant difference from the results of confirmatory measurements at the time of radwaste transfer and to reduce requirements for accounting measurements in those organisations that accumulate and temporarily store radwaste before transferring it to specialised organisations.