

ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ХРАНЕНИЯ И ЗАХОРОНЕНИЯ РАО

RADIATION SAFETY EVALUATION FOR NEAR-SURFACE RADWASTE STORAGE AND DISPOSAL SITES

А.С. ВОЛКОВ,
А.В. ТКАЧЕНКО, *к.т.н.*,
А.В. ГУСКОВ, *к.т.н.*
(ГУП МосНПО «Радон»)



A.S. VOLKOV,
A.V. TKACHENKO, *Candidate of
Technical Science*,
A.V. GUSKOV,
Candidate of Technical Science
(SUE Radon Moscow)

■ Российские специалисты используют разработанную с их непосредственным участием методологию оценки безопасности приповерхностных хранилищ, отвечающую современным рекомендациям международных организаций и требованиям национальных нормативных документов.

ГУП МосНПО «Радон» осуществляет деятельность по сбору, транспортированию, обработке и долговременной изоляции радиоактивных отходов низкой и средней активности, а также оказывает научно-методическую и практическую помощь предприятиям, ранее входившим в систему спецкомбинатов «Радон». Работы по оценке безопасности приповерхностных хранилищ, расположенных на территориях региональных спецкомбинатов и Научно-производственного комплекса ГУП МосНПО «Радон», ведутся с 1994 года.

Первоначально основное внимание было сосредоточено на получении исходных данных и выполнении прогнозных миграционных расчетов. К настоящему времени разработаны математические и компьютерные модели [1], накоплен практический опыт выполнения оценки различных систем хранения и захоронения отходов [2, 3]. В процессе выполнения работ на конкретных объектах определены наиболее приемлемые математические модели выноса радионуклидов из хранилищ и последующего массопереноса во вмещающих породах.

Вместе с тем, практика показала, что расхождение результатов решения одной задачи для одного и того же объекта может достигать нескольких порядков в силу большого количества неопределенностей в исходных данных, математических моделях и поведении оцениваемой системы в будущем. Большое значение имеют неопределенности, связанные с длительностью периода потенциальной опасности радиоактивных отходов. Предсказать поступки и поведение людей через такие интервалы времени нереально, поэтому возникает проблема определения возможных путей облучения и, следовательно, оценки дозы, обусловленной радиоактивными утечками в отдаленном будущем. Это усложняется тем, что в рамках временных периодов в сот-

■ Russian specialists are using a system, developed with their participation, for safety evaluation of near-surface

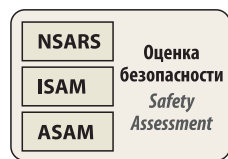
repositories in line with the leading recommendations of international organizations and with the national regulatory requirements.

Moscow's Radon is responsible for the collection, transportation, processing and long-term isolation of radioactive waste of low and intermediate-level categories, and provides scientific, methodological and practical assistance to those companies that were previously part of the nation-wide network of Radon specialised radwaste management centres. Safety evaluations of near-surface waste repositories have been on-going at regional Radon sites and Moscow's Radon since 1994.

Originally, most of the attention was focused on obtaining sufficient input data and performance of computations to predict migration of radionuclides. By now, a number of mathematical and computer models have been developed [1], and practical experience has been obtained of evaluation of various systems for waste storage and disposal [2, 3]. During the performance of physical work on specific sites, the most appropriate mathematical models have been identified for prediction of radionuclides release from the repositories and of subsequent mass transfer inside the host rock.

At the same time, as practice has demonstrated, divergence between the solution results for the same task on the same site may be as large as several orders of magnitude due to the large number of uncertainties in the inputs, mathematical models and behavior of the evaluated system in the future. Of major importance are also those uncertainties associated with the long-time nature of the period during which radioactive waste may pose a potential danger. It is unrealistic to try and predict human behavior over such long spans of time, which creates the problem of identifying potential pathways of exposure and, consequently, evaluation of exposure doses caused by radioactive leaks in the distant future. This is made further complicated because over the time frames of hundreds and more years, which

ни и более лет, представляющих потенциальный интерес с точки зрения оценки безопасности, вероятны существенные изменения в системе приповерхностной долговременной изоляции РАО. Они могут быть следствием естественной эволюции инженерных и природных барьеров, а также деятельности человека в предшествующие периоды, в том числе, в процессе эксплуатации хранилища.



Эволюция координационных исследовательских программ МАГАТЭ
Evolution of the IAEA's steering research programmes

МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ

С 1997 года работы по совершенствованию метода прогнозной оценки безопасности выполнялись специалистами ГУП МосНПО «Радон» в рамках научных координационных программ МАГАТЭ (ISAM [4-5], ASAM, PRISM, SADRWMS) и опробовались на различных объектах приповерхностного захоронения РАО. При выполнении этих проектов были сформулированы основные положения методологического подхода к оценке безопасности.

В основе методологии лежит комплексный подход, который заключается в том, что оцениваемый объект рассматривается как единая взаимосвязанная система, включающая:

- источники возможного загрязнения – упаковки РАО (матрицы отходов, контейнеры, закрытые радионуклидные источники и т.д.) и инженерные барьеры хранилища;
- ближнюю зону хранилища – вмещающие или подстилающие естественные породы, непосредственно контактирующие с хранилищем;
- дальнюю зону хранилища (геосферу) – вмещающие породы, контактирующие с ближней зоной и биосферой, состояние и характеристики которых влияют на миграцию радиоактивных веществ от границы ближней зоны к границе биосферы;
- биосферу – окружающую среду, которая может подвергнуться радиационному воздействию приповерхностного хранилища.

Метод прогнозной оценки радиационной безопасности системы долговременной приповерхностной изоляции РАО [6, 7] включает разработку контекста оценки, подробное описание системы захоронения, разработку и обоснование сценариев, создание моделей, прогнозный расчет и анализ полученных результатов.

На первом этапе определяют ключевые аспекты оценки: конкретную цель; критерии безопасности и окончательные расчетные величины; консервативность оценки при разрешении неопределенностей в исходных данных; общее описание хранилищ и характеристики отходов; геолого-гидрогеологические характеристики площадок хранилищ; описание основных путей воздействия РАО на окружающую среду; период времени, для которого выполняется оценка; варианты поведения (деятельности) населения в рассматриваемый период.

На следующем этапе выполняется подробное описание и анализ системы захоронения – систематизирован-

are of potential interest for safety evaluation, significant changes in the near-surface long-term radwaste isolation system are likely. These may come about as a consequence of natural evolution of engineered and natural barriers, and as a result of human activity during the preceding periods, including during operation of the repository.

SAFETY EVALUATION METHODOLOGY

Since 1997, efforts to improve the methodology of safety evaluation and prediction were made by Radon Moscow specialists within the framework of the IAEA coordination programmes (ISAM [4-5], ASAM, PRISM, SADRWMS), and the methodology was tested on a number of various near-surface radwaste disposal sites. In the course of those projects, the basic provisions of methodological approach to safety evaluation were formulated.

The core of the methodology is integrated approach, whereby the evaluated object is looked upon as a single inter-related system, which includes:

- sources of potential contamination – radwaste packages (waste-containing matrices, casks, enclosed radionuclide sources, etc.) and engineered barriers of the repository;
- the near zone of the repository – natural host rock or underlying rock that is in direct contact with the repository;
- the far zone of the repository (geosphere) – host rock that is in contact with the near zone and the biosphere, whose status and characteristics influence the migration of radioactive substances from the near zone boundary to the biosphere boundary;
- the biosphere – the environment, which may come under the radiation influence of the near-surface repository.

The method of radiation safety prediction of a long-term near-surface radwaste isolation system [6, 7] envisages development of the evaluation context, preparation of a detailed description of the repository system, development and justification of scenarios, development of models, prediction calculation and analysis of the results obtained.

During the first stage, key aspects of evaluation are established: a specific objective; safety criteria and final calculated values; conservatism of the evaluation to account for input uncertainties; a general description of the reposi-

ное изложение сведений об объекте, позволяющее определить сценарии и содержащее численные значения параметров, которые потребуются для расчетов соответствующих математических моделей. По мере выполнения оценки и получения дополнительных данных описание хранилища может быть скорректировано.

Для разработки сценариев, в зависимости от конкретной цели оценки и наличия информации о хранилище и объектах окружающей среды, применяют различные подходы и методы, в том числе построение дерева отказов или дерева событий, матрицы взаимодействий и т.д. Одним из приемлемых подходов является оценка гипотетических состояний элементов системы, рассмотрение возможных путей и механизмов переноса радионуклидов от хранилища до границы санитарно-защитной зоны, результатов их воздействия на окружающую среду, всех механизмов и путей возможного облучения человека и тех ситуаций (состояний системы), которые могут к ним привести.

На основе подробного описания конкретного сценария для количественного анализа его возможных последствий строится концептуальная модель, которая содержит краткое формализованное описание системы и качественные описания взаимодействия ее элементов. Затем модель выражается в математической форме – в виде групп дифференциальных уравнений и алгебраических выражений, которые решаются с помощью готовых или специально разработанных программных средств.

Результаты расчетов для проверки сопоставляются с известными данными мониторинга оцениваемого или аналогичного объекта. Если результаты не имеют внутренних логических противоречий и согласуются с данными наблюдений, полученные расчетные значения контрольных величин необходимо сопоставить с соответствующими критериями безопасности. При этом необходимо учитывать, что в силу принятых допущений, упрощений и схематизации объекта эти значения не являются достоверным прогнозом облучения населения, персонала и загрязнения окружающей среды в будущем, а служат лишь для оценки возможного состояния объекта и принятия соответствующих решений, направленных на предотвращение негативного воздействия на окружающую среду.

На практике несколько этапов могут выполняться одновременно, возможен возврат к предыдущим стадиям для уточнения или изменения исходных данных, параметров и граничных условий моделирования и даже постановки задачи оценки безопасности.

Данный метод использован специалистами ГУП МосНПО «Радон»:

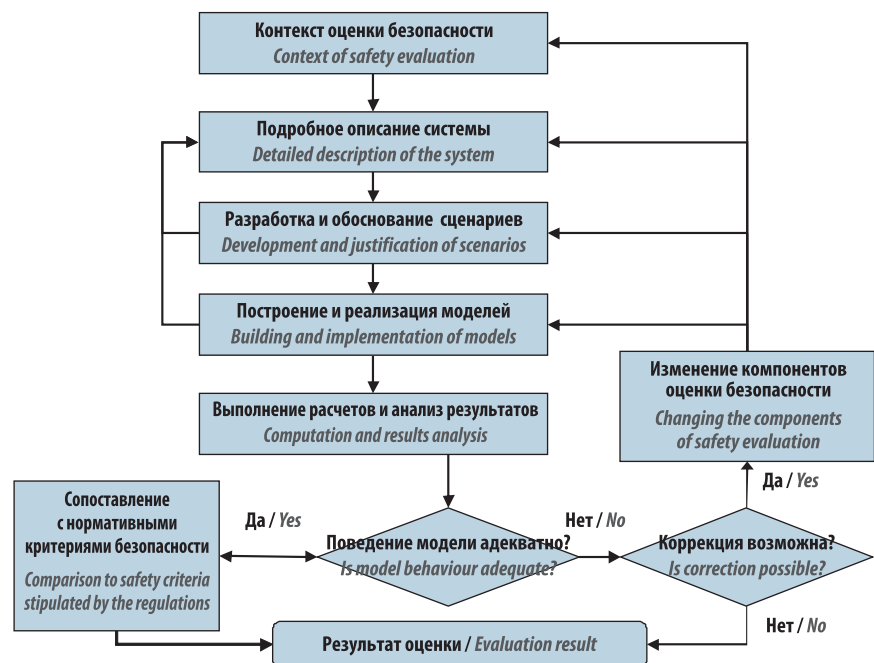
- при выполнении миссий МАГАТЭ, связанных с выбором площадки (Литва) [8], вводом в эксплуатацию (Иран, Бангладеш), анализом безопасности действующих предприятий по обращению с РАО (Беларусь, Армения);

tory and waste characteristics; geological and hydrogeological characteristics of the repository site; a description of the main pathways through which radwaste can impact the environment; period of time for which the evaluation is made; possible behaviors (activities) of the surrounding populations during the considered time period.

The next stage involves a detailed description and analysis of the repository system – a systematic statement of information about the site, sufficient to identify scenarios and containing numeric values of parameters that will be needed to make calculations using the appropriate mathematical models. As the evaluation progresses and additional data become available, the description of the repository may be revised.

In order to develop scenarios, depending on the specific objective of evaluation and availability of information about the repository and the surrounding environmental objects, various approaches and methods are used, including building an events tree or fault tree, interaction matrix, etc. One of acceptable approaches is evaluation of hypothetical states of the system elements, review of potential mechanisms and pathways for radionuclides transfer from the repository to the boundary of the sanitary protection zone, consequences of their impact upon the environment, all mechanisms and pathways for potential human exposure and those situations (states of the system) that may lead to them.

On the basis of detailed description of a particular scenario, for quantitative analysis of its potential consequences a conceptual model is then built, which contains a brief formalized description of the system and qualitative descriptions of how its components interact. The model is then expressed in the mathematical form – as a group of differential equations and algebraic expressions, which are resolved using readily-available or tailor-made software.



Упрощенная структура выполнения оценки безопасности
Simplified diagram of safety evaluation performance

- при оценке безопасности Саратовского, Волгоградского, Ростовского, Самарского и подготовке проекта реконструкции Мурманского спецкомбинатов (в настоящее время – отделений ФГУП «РосРАО»);

- при обосновании безопасности способа изоляции закрытых радиоактивных источников в хранилищах колодезного типа с включением их в металлическую матрицу;

- при обосновании безопасности эксплуатации скважин большого диаметра в качестве хранилищ ТРО для расширения условий лицензирования;

- при определении максимальной активности и обосновании продления срока эксплуатации промплощадки ГУП МосНПО «Радон»;

- при выводе из эксплуатации приповерхностного хранилища РАО на одном из специализированных объектов;

- при обосновании безопасности вывода из эксплуатации промышленных уранграфитовых реакторов (ПО «Маяк») по варианту захоронения на месте.

Оценка безопасности может быть эффективно использована и для решения других задач. Так, на ГУП МосНПО «Радон» был разработан алгоритм использования метода прогнозной оценки безопасности для определения максимальной активности РАО [9, 10], разработаны методические рекомендации по обоснованию продления срока эксплуатации площадок спецкомбинатов «Радон» [11].

ОБОСНОВАНИЕ И ДЕМОНСТРАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Оценку безопасности следует отличать от обоснования безопасности (safety case). Его основная задача – доказательство безопасности рассматриваемого объекта или принятого решения по обращению с РАО. Обоснование может включать несколько оценок безопасности, направленных, например, на оптимизацию конструкции сооружения, обоснования критериев приемлемости отходов, размеров необходимой санитарно-защитной зоны и т.д.

Подход к обоснованию безопасности в том или ином виде существует практически во всех странах. Наиболее простой пример – перечень документов, включая оценку безопасности и оценку воздействия на окружающую среду, которые необходимы при лицензировании деятельности по обращению с РАО. Формализованный подход и его реализация на государственном уровне требуют наличия законодательных основ, научно-технической базы, системы финансирования, системы менеджмента и контроля. Без этих элементов введение в обязательном порядке обоснования безопасности может привести к дискредитации этого подхода из-за невозможности его практического осуществления.

Оценку и обоснование безопасности следует, в свою очередь, отличать от демонстрации безопасности. Если для оценки и обоснования допустимо (и часто необходимо) использование детальных, в том числе трехмерных, моделей, вероятностных расчетов, соответствующей научной терминологии и способов представления научных результатов, то при демонстрации результаты необходимо преподносить на языке, доступном для аудитории – политиков, регулирующих органов, местного населения, научной общественности и т.д. При этом могут понадобиться дополнительные расчеты для маловероятных ситуаций, сопоставление полученных результатов с воздействием

For verification purposes, calculation results are benchmarked against known data obtained from monitoring of the evaluated site or another similar site. If the results do not appear to have any intrinsic logical contradictions and agree well with monitoring data, then the obtained calculated values of critical parameters are compared against the appropriate criteria of safety assurance. At the same time, it must be recognized that as a consequence of the adopted assumptions, simplifications and schematisation of site conditions, the values will not reflect a reliable prediction of exposure to personnel and the public and contamination of the environment in the future, but can rather serve only as evaluations of a possible state of the site for the purposes of making certain decisions that aim to prevent adverse impacts upon the environment.

In actual practice, several stages may run in parallel, and there may be iterations of previous stages to refine or change inputs, parameters and boundary conditions of modelling and even the definition of objective of safety evaluation.

This method has been used by SUE Radon Moscow specialists for:

- the IAEA missions associated with site selection (Lithuania) [8], commissioning (Iran, Bangladesh), safety analysis of existing radwaste management facilities (Belarus, Armenia);

- safety evaluation of the Saratov, Volgograd, Rostov, Samara and preparation of upgrades of the Murmansk radwaste management centres (currently sites operated by RosRAO);

- safety case for the method of isolation of enclosed radioactive sources in well-type repositories with inclusion into a metal matrix;

- large-size holes safety case and extension of the licensing conditions for operation as repositories;

- determination of maximum activity levels and justification of operating period extension for the SUE Radon Moscow site;

- decommissioning of a near-surface radwaste repository on a specialised site;

- safety case for decommissioning of commercial uranium-fuelled graphite-moderated reactors (at Mayak) by in-situ burial.

Safety evaluation can also be effectively used for the performance of other activities. For example, SUE Radon Moscow has developed an algorithm for using the safety prediction method to determine the maximum activity level of the waste [9, 10], and methodological recommendations have been issued for justification of operating life extension of the former Radon network of waste management centres [11].

SAFETY JUSTIFICATION AND DEMONSTRATION

Safety evaluation should be differentiated from safety case. The latter's key objective is to prove that a waste management facility or adopted solution is safe. A safety case may include a number of safety evaluations, that aim, for example, to optimize the design of the construction, justify acceptability of waste acceptance criteria, size of the required sanitary protection zone, etc.

Some approach to safety cases, in one form or another, is in place in practically all countries. The simplest of ex-

и рисками для населения в общепонятных ситуациях – при дорожно-транспортных происшествиях, пожарах, хронических заболеваниях и т.д. Добиться взаимопонимания и доверия к полученным результатам – это задача тех, кто выполняет и представляет оценку и обоснование безопасности, а не лиц, принимающих решение на основе результатов оценки.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

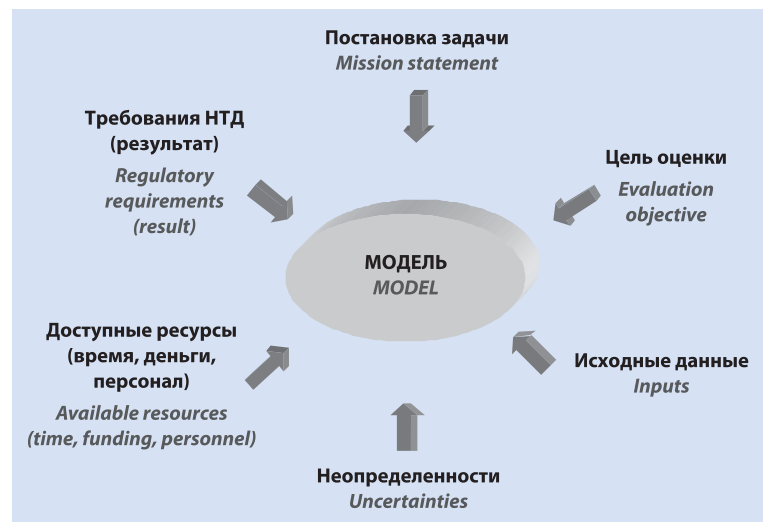
Построение и реализация математических моделей являются неотъемлемым и важным этапом оценки безопасности, частью общего итерационного процесса. На разных этапах жизненного цикла объектов для хранения и захоронения РАО оценка и обоснование безопасности выполняются по-разному и требуют использования различных математических моделей. Они зависят от целей, задач и других параметров контекста оценки безопасности, рассматриваемых сценариев, сложности моделируемой системы, наличия исходных данных и других факторов.

Говоря о математических моделях, следует различать сложные исследовательские модели для понимания процессов, оценки их важности с точки зрения безопасности и т.д. и более простые модели для проведения сопоставительной оценки безопасности и демонстрации полученных результатов. Каждая из этих категорий имеет свои преимущества и недостатки, но и те, и другие должны быть взаимно согласованы между собой. На практике часто целесообразно консервативное упрощение моделей, их геометрии или структуры (например, использование одномерного переноса в гомогенной изотропной среде). Некоторые процессы можно не учитывать или использовать их упрощенное описание (не учитывать кинетику химических реакций и т.д.). Некоторое упрощение может быть использовано при решении уравнений, в частности, в некоторых случаях можно не учитывать нелинейные члены.

Использование упрощенных моделей часто помогает достичь взаимопонимания с различными заинтересованными сторонами, но не снижает актуальности и необходимости разработки современных компьютерных средств для детального моделирования процессов выхода радионуклидов из окончательных форм РАО, их миграции в инженерных и природных барьерах, взаимодействия отходов и ближней зоны. Чтобы упростить модели, сначала необходимо точно определить, что происходит в моделируемой системе; это часто очень непросто сделать без сложных математических моделей. Для обоснования безопасности хранилищ РАО важны как сложные математические модели, так и упрощенные решения, но еще важнее их корректное применение и правильная интерпретация полученных результатов.

Литература / References:

1. Model Formulation, Implementation and Data for Safety Assessment of Near Surface Disposal Facilities. ISAM Modelling and Data Working Group. Working Document: ISAM/MDWG/WD01. Version 0.4, International Atomic Energy Agency, Vienna, 10 August 2001. – 218 с.
2. Прозоров Л.Б. Площадку оценили на «отлично» / Л.Б. Прозоров, В.В. Мартыянов, А.В. Гуськов // «Безопасность окружающей среды». – 2006. – №2. – С.42-43.



Формирование математических моделей при оценке безопасности
Formation of mathematical models for safety evaluation

amples is the list of documents, including safety evaluation and environmental impact assessment, which are required for licensing of radwaste management activities. Formalization of the approach and its implementation on the national level require availability of a legal framework, scientific and technical basis, funding system, management and accounting system. Without these, any attempt to introduce safety case as an obligatory process may result in this approach being discredited as it would not be practically implementable.

Safety evaluation and safety case, in their turn, should be differentiated from safety demonstration. Whereas for safety evaluation and safety cases it is acceptable (and often necessary) to use detailed models, including three-dimensional, as well as probabilistic calculations, appropriate scientific terminology and style of scientific results presentation, then for safety demonstration purposes, analysis results should be presented in a manner accessible to a wider audience – politicians, regulatory authorities, members of the local public, the scientific community, etc. It may require additional calculations to be performed for low-probability scenarios, comparing the obtained results against impacts and public risks characteristic of commonly understood situations – such as motor vehicle accidents, fires, chronic diseases, etc. Making sure that the results obtained are understood and trusted is the responsibility of those who perform and produce safety evaluations and safety cases, not those who make decisions on the basis of the results of evaluation.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ

Building and implementation of mathematical models is an integral and vital stage of safety evaluation, part of the overall iteration process. During the various stages of the life cycles of sites for radwaste storage and disposal, safety evaluations and safety cases are produced differently and require utilisation of different mathematical models. These depend on the objective, purpose and other parameters in the context of safety evaluation, scenarios that are considered, complexity of the modelled system, availability of inputs and other factors.

3. Прозоров Л.Б. Оценка геоэкологической безопасности размещения радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности в районах со смешанным гидродинамическим режимом / Л.Б. Прозоров, В.В. Мартынов, А.В. Гуськов и др. // Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров: Труды ГУП МосНПО «Радон»: Итоги научной деятельности за 2005 г. – 2007. – Вып. 13. – С.54-57.
4. Прозоров Л.Б. Оценка геоэкологической безопасности размещения радиоактивных отходов низкого и среднего уровня активности в районах с отсутствием «верховодки» / Л.Б. Прозоров, В.В. Мартынов, А.В. Гуськов и др. // Охрана окружающей среды и обращение с радиоактивными отходами научно-промышленных центров: Труды ГУП МосНПО «Радон»: Итоги научной деятельности за 2004 г. – 2006. – Вып. 12. – С.51-53.
5. TECDOC Series No. 1380. Derivation of Activity Limits for the Disposal of Radioactive Waste in Near Surface Disposal Facilities. IAEA. – Vienna – 2004. – 150 с.
6. Гуськов А.В. Разработка метода прогнозной геоэкологической оценки системы захоронения РАО в приповерхностных хранилищах. Автореферат дис. канд. техн. наук. – М. – 2009. – 24 с.
7. Ткаченко А.В. Оценка безопасности приповерхностных хранилищ / А.В. Ткаченко, А.В. Гуськов // «Безопасность окружающей среды». – 2006. – №3. – С.51-55.
8. An International Peer Review Of The Programme For Evaluating Sites For Near Surface Disposal Of Radioactive Waste In Lithuania. Report Of The IAEA International Review Team. International Atomic Energy Agency. – Vienna. – 2006. – 89 с.
9. Дмитриев С.А. Методологический подход к определению максимальной активности твердых радиоактивных отходов для безопасного размещения в приповерхностных хранилищах спецкомбинатов «Радон» / С.А. Дмитриев, А.В. Гуськов // «Вопросы радиационной безопасности». – 2009. – №2. – С.64-71.
10. Гуськов А.В. Определение максимальной активности твердых радиоактивных отходов для приповерхностного хранения в ГУП МосНПО «Радон» // «Вопросы радиационной безопасности». – 2010. – №4. – С.37-47.
11. Гуськов А.В. Методический подход к обоснованию продления срока эксплуатации СК «Радон» // «Медицина труда и промышленная экология». – 2009. – №3. – С.11-16.

Speaking of mathematical models, one should differentiate between complex research models that help understand processes, assess their importance from the safety viewpoint, etc., and simpler models for the performance of comparative safety evaluation and demonstration of results obtained. Each of these categories has its own advantages and disadvantages, but both should be mutually coordinated. In practice, it often makes sense to conservatively simplify the models, their geometry or structure (for example, assuming single-dimensional transfer in a homogeneous isotropic medium). Some processes may be neglected or represented in a simplified fashion (disregarding the kinetics of chemical reactions, etc.). Some simplification may be adopted for solution of equations: in particular, non-linear terms may be neglected in certain cases.

Utilisation of simplified models often helps reach understanding with the various stakeholders, but it does not remove the need to develop ever more advanced computer software for detailed modelling of processes whereby radionuclides are released from the final waste forms, migrate through engineered and natural barriers, and the waste and the near zone interact. In order for the models to be simplified, it must first be established precisely what happens in the modelled system, which is often far from easy without using complex mathematical models. Both the complex mathematical models and simplified solutions are equally important for safety demonstration of a radwaste repository, but it is even more important to apply them and interpret their results correctly.

креатив • качество • успех
ДИЗАЙН-СТУДИЯ



Дизайн-студия ИА «Атомные связи»

предлагает творческое решение маркетинговых задач, включающих в себя дизайн, производство рекламной и полиграфической продукции.

- **Дизайн, верстка**
креативный дизайн и качественная верстка (полный цикл доредакционной подготовки от идеи до выхода в печать) всего спектра изданий полиграфии
- **Полиграфия**
буклеты, листовки, каталоги, красочные календари, плакаты, визитные карточки и прочее
- **Услуги для деловых мероприятий**
мобильные стенды (экспозиции), мультимедийные презентации (PowerPoint), сувенирная и представительская продукция
- **Разработка логотипа, товарного знака**
оригинальный дизайн (предоставляется 2-3 варианта)
- **Web баннеры**
статичные и анимированные баннеры

117393 Москва, ул. Архитектора Власова, д. 45 А
Тел./факс: +7 (499) 128 09 59, Тел.: +7 (499) 128 89 59
info@atomic-energy.ru www.atomic-energy.ru

