

Нормы безопасности для захоронения высокоактивных отходов

Рассматриваются принятые на международном уровне принципы и технические критерии безопасности

Гордон Линсли и Иван Вовк

Интенсивность излучения и долговечность высокоактивных отходов (ВАО), получаемых в результате эксплуатации ядерных реакторов, таковы, что они требуют изоляции от биосферы на очень длительные периоды времени. И это независимо от того, остаются ли они в облученном топливе или выделяются из него путем физической и химической обработки. Во всех странах в настоящее время принята идея глубокого геологического захоронения высокоактивных отходов как средства постоянной изоляции их от окружающей человека среды (см. статью в этом выпуске „Отчет о положении дел с захоронением радиоактивных отходов“).

Наряду с производством другого промышленного оборудования, представляющего потенциальную опасность для человека, необходимо разработать критерии безопасности или ее цели для конструкций подземных хранилищ, предназначенных для окончательного захоронения ВАО. До того как будет принята какая-либо конструкция, необходимо убедиться в том, что она удовлетворяет этим критериям или целям.

Критерии защиты человека от опасности ионизирующих излучений определены в достаточной степени. Но захоронение ВАО порождает некоторые проблемы, которые не увязываются с обычными нормами радиационной защиты, устанавливаемыми Основными нормами безопасности для радиационной защиты Агентства. *Эти проблемы связаны с двумя особыми характеристиками хранилищ ВАО. Первая — длительный период времени, в течение которого требуется защита, вторая — неопределенные параметры воздействия радиации на людей.

Существующие принципы радиационной защиты установлены для защиты работников, имеющих дело с радиоактивными веществами, и населения от источников излучения, которые должны находиться под контролем в течение определенного периода времени. В случае с хранилищами радиоактивных отходов речь идет о защите населения на длительное время, в далеком будущем, когда уже трудно предполагать, что человек будет продолжать осуществлять какие-либо формы контроля за хранилищем. Радиационное излучение от хранилищ ВАО ни в коей мере не должно иметь место, поскольку изоляция отходов от биосферы будет обеспечиваться целым рядом технических и природных барьеров (система множественных барьеров). Через очень длительные промежутки времени, возможно, через десятки или сотни тысяч лет после закрытия хранилища некоторые радионуклиды могут проникнуть в биосферу в результате медленной миграции в связи с естественной деградацией формы, в которой находятся отходы, и системы барьеров. Допустимо также, что радионуклиды могут выйти в биосферу в связи с необычным событием, таким как случайная интрузия в хранилище отходов в результате бурения или землетрясение, влекущее за собой повреждение хранилища. Хотя события такого рода считаются весьма маловероятными, поскольку хранилища будут находиться в местах с наименьшей возможностью их возникновения, они, безусловно, нуждаются в критериях, соответствующих значению этих событий.

Принципы безопасности и технические критерии

Эти проблемы обсуждались в последние годы экспертами в области радиационной защиты и обращения с отходами. Постепенно обозначилась философия безопасности, позволяющая приступить к определению конструкций хранилищ ВАО. В 1984 г. в докладе экспертов Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР) были сформулированы предложения по применению принципов радиационной защиты к специфическим особенностям захоронения радиоактивных отходов. В 1985 г.

Г-да Линсли и Вовк — старшие сотрудники Отдела ядерного топливного цикла и обращения с отходами МАГАТЭ.

* Основные нормы безопасности для радиационной защиты, Серия безопасности № 9, Издание 1982 г., совместная публикация МАГАТЭ, МОТ, АЯЭ (ОЭСР), ВОЗ; МАГАТЭ, Вена (1982 г.).

появилась публикация Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ), в которой одобрены предложения экспертов АЯЭ и идея их распространения на захоронение отходов.* Этот вопрос рассматривался также группой экспертов МАГАТЭ. Их предложения обсуждались двумя консультативными группами и Техническим комитетом по подземному захоронению (ТКПЗ). Проект доклада был направлен всем государствам-членам МАГАТЭ на рассмотрение. На заседании Совета управляющих МАГАТЭ в сентябре 1989 г. доклад был официально утвержден к опубликованию в качестве норм Агентства по безопасности под названием *Принципы безопасности и технические критерии подземного захоронения высокоактивных отходов*.**

Документ Агентства в целом согласуется с документами АЯЭ и МКРЗ по радиационной защите, но содержит дополнительное руководство по техническому применению принципов безопасности. Возможно, наиболее значительной особенностью новых норм безопасности является то, что вследствие их широкого рассмотрения и обсуждения с участием отдельных экспертов и компетентных органов государств-членов они впервые отражают международный консенсус в отношении подхода к обеспечению безопасности подземного захоронения ВАО.

Особое внимание, уделявшееся изучению возможных проблем для последующих поколений, является необходимым условием для разработки политики в отношении захоронения радиоактивных отходов. Однако следует признать, что захоронение нерадиоактивных отходов в других промышленных и сельскохозяйственных областях деятельности также требует рассмотрения вопроса защиты будущих поколений и окружающей среды. Многие химические отходы можно обезвредить путем применения химических методов, что невозможно в отношении радиоактивных отходов, чья потенциальная опасность уменьшается со временем, тогда как некоторые виды химических отходов остаются токсичными навсегда.

Ниже дается описание основных особенностей новых норм безопасности Агентства.

Принципы безопасности

Главные цели подземного захоронения ВАО состоят в том, чтобы, во-первых, изолировать высокоактивные отходы от окружающей человека среды на длительное время, не возлагая на будущие поколения заботу о сохранении целостности системы захоронения и не навязывая им значительные трудности, связанные с существованием хранилища (ответственность за будущие поколения), и, во-вторых, обеспечить человеку и окружающей среде долговременную радиологическую защиту в соответствии с широко принятыми принципами

радиационной защиты (радиологическая безопасность).

Для достижения этих двух целей принципы безопасности были сформулированы следующим образом:

• **Ответственность за будущие поколения.** Принцип № 1 (бремя будущих поколений) требует, чтобы административное, социальное и финансовое бремя, связанное с захоронением радиоактивных отходов, взяли на себя поколения, которые непосредственно пользуются благами от применения ядерной энергии. Признается, однако, что при выборе времени захоронения должен надлежательным образом учитываться ряд технических и социально-экономических факторов, например, технические преимущества охлаждения при промежуточном хранении, а в случае отработавшего топлива – возможное извлечение из него полезных компонентов.

Принцип № 2 (независимость безопасности от институционального контроля) заключается в том, что будущие поколения не должны предпринимать какие-либо меры по самозащите от воздействия захороненных отходов.

Принцип № 3 (эффекты в будущем) состоит в том, что будущая опасность для здоровья человека и для окружающей среды от хранения отходов не должна превышать ту, что допускается сегодня.

Принцип № 4 (трансграничные соображения): там, где возможно повышение радиационного излучения от места захоронения ВАО за пределами той страны, где находится хранилище, радиационная защита, обеспечиваемая населению другой страны, должна быть не меньшей, чем та, которая обеспечивается в стране, где происходит выброс, и в соответствии с международными нормами.

• **Радиологическая защита.** Хотя цель хранилища отходов заключается в изоляции радиоактивных отходов от человека, признается, однако, что существуют механизмы, способные по прошествии длительного периода времени или в силу определенной вероятности вызвать выброс радионуклидов. Эти механизмы должны приниматься во внимание при анализах безопасности хранилища и потому необходимо иметь радиологические критерии и критерии риска, по которым могли бы оцениваться результаты таких анализов.

Механизмы выброса радионуклидов в месте нахождения захоронения не одинаковы для всех видов окружающей среды, но основной причиной является, по-видимому, деградация кондиционированных отходов и их контейнеров под воздействием воды с последующим переносом и рассеянием радионуклидов грунтовыми водами, изменяющимися под влиянием процессов реконцентрации. Эти механизмы определяются здесь как „постепенные” процессы выброса, так как обычно они ведут к предсказуемой схеме излучения во времени и пространстве.

Постепенные процессы выброса предполагают включение всех эволюционных процессов, относящихся к захоронению в связи с конструкцией хранилища, его эксплуатацией и герметизацией или с предсказуемыми природными явлениями, такими как эрозия, вертикальные смещения и т.д. Изменения в движении грунтовых вод могут быть следствием первоначальных событий.

* "Long-Term Radiation Protection Objectives for Radioactive Waste Disposal", NEA Experts Report, NEA/OECD, Paris (1984), and "Radiation Protection Principles for the Disposal of Solid Radioactive Waste", ICRP publication 46, *Annals of the ICRP*, Vol. 15, No. 4, Pergamon Press, Oxford (1985).

** Будет опубликован в Серии по безопасности № 99 (1989 г.).

Другие возможные процессы не являются постепенными, они относятся к случайным событиям и могут иметь разрушающее влияние на хранилище и окружающую его среду. Такие процессы, как сейсмические и тектонические явления, меняющие водные потоки, должны рассматриваться как серьезные факторы при решении вопроса о захоронении в некоторых геологических формациях. А такие сферы человеческой деятельности, как бурение и добыча минерального сырья, могут оказывать прямое и не прямое влияние на некоторые хранилища. Разрушительные процессы могут в определенных ситуациях преобладать в общей оценке безопасности захоронения.

Принципы № 5 и 6 применимы соответственно к постепенным процессам выброса и разрушающим процессам. Следует признать, что эти принципы взаимно связаны и имеют одну и ту же общую основу — опасность для человека.

Принцип № 5 (верхний предел дозы). Этот принцип требует, чтобы для „постепенных” процессов предсказуемая годовая доза излучения в отношении гипотетической максимально облучаемой группы людей из населения была меньше „верхнего предела дозы” (часть полного предела дозы, определяемая для рассматриваемого источника, т.е. для хранилища отходов).

Принцип № 6 (верхний предел риска). Этот принцип относится к разрушающим событиям, не охватываемым предыдущим принципом. Он требует определения предела риска для людей в будущем в связи с существованием хранилища. Риском считается вероятность воздействия на здоровье человека или его потомков. Это относится к вероятности облучения как результату события и к вероятности воздействия на здоровье в связи с этим облучением.

Предел риска основывается на пределе для риска, вызываемого верхним пределом дозы в соответствии с принципом № 5. Например, полный предел дозы для населения в 1 миллизиверт в год, рекомендуемый в настоящее время МКРЗ, при усреднении на время жизни составляет средний годовой риск серьезного воздействия на здоровье

примерно 1 на 100 000 в год. Такой верхний предел риска является некоторой частью того, что требуется определить национальным органам.

Принцип № 7 (дополнительная радиологическая безопасность). Хотя спецификация верхних пределов дозы и риска необходима для обеспечения требуемого уровня безопасности человека, рекомендуется, однако, добиваться того, чтобы все дозы облучения были настолько низкими, насколько это достижимо (принцип ALARA).

Технические критерии

Основные принципы безопасности дополняются техническими критериями. Они содержатся в руководстве по практическим средствам соблюдения принципов безопасности. Из них следует выделить требования к многобарьерному подходу для достижения изоляции отходов, к соответствующему выбору геологии площадки и к разработке природных минеральных ресурсов, когда речь идет о выборе места подземного захоронения.

Резюме

Доклад МАГАТЭ содержит признанные на международном уровне принципы и критерии конструирования хранилищ для подземного захоронения ВАО.

Исходя из современного состояния разработок хранилищ ВАО и учитывая технические расхождения в подходе к ним в государствах-членах, основной целью сегодня должно являться достижение гармонизации в отношении философской основы конструирования хранилищ.

Принципы безопасности и технические критерии рассчитаны на создание общей основы для последующей разработки более подробных и в достаточном количестве рабочих норм, некоторые из которых, возможно, потребуются привязывать к конкретным площадкам.

