

РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА

РЕКОМЕНДАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОМИССИИ ПО РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

РОДЖЕР Х. КЛАРК

Немногим более десяти лет назад Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) в *Публикации № 60* представила разработанные ею принципы политики в области радиологической защиты, основная цель которых — обеспечение соответствующих норм защиты людей без излишнего ограничения полезной практической деятельности, вызывающей радиационное облучение.

В результате полезной практики могут образоваться радиоактивные отходы. Подход Комиссии к захоронению радиоактивных отходов всех видов изложен в *Публикации № 77, Политика радиологической защиты при захоронении радиоактивных отходов*. В контексте рекомендаций Комиссии отходами является любой материал, который будет удален или уже удален как не имеющий дальнейшей пользы. К *отходам* относятся жидкие и газообразные выбросы, а также такие твердые материалы, как остатки технологических процессов. Хранение отходов означает временное удержание отходов. *Захоронение отходов* определяется как удаление отходов без намерения извлекать их. Термин “захоронение” охватывает сброс жидких отходов и удаление твердых. *Обращение с отходами* означает всю последовательность операций, начиная с образования отходов и заканчивая их захоронением.

Стратегии захоронения отходов можно подразделить на два концептуальных подхода: “разбавлять и рассеивать” или “концентрировать и удерживать”. Раньше или позже неизбежным

результатом обеих стратегий является выброс радионуклидов в окружающую среду, поэтому цель полностью избежать выбросов нереалистична. Обе стратегии широко применяются и не являются взаимоисключающими. Неизбежным последствием решения вместо разбавления или диспергирования отходов отдать предпочтение их концентрации в установке для захоронения является вероятность повышенного облучения в случае повреждения установки.

Принятая Комиссией система защиты непосредственно применима к стратегии “разбавления и рассеивания”. Для обеспечения адекватного контроля источника излучения производится оценка уровней облучения. Принимаются во внимание характеристики и привычки лиц и групп населения, подвергающихся облучению. Более того, в таких ситуациях можно в значительной мере удостовериться в том, что защита обеспечена, путем измерений выбросов в окружающую среду и принятия мер в случае неожиданных выбросов.

При захоронении долгоживущих твердых радиоактивных отходов с использованием стратегии концентрации и удержания основная проблема в отношении защиты касается облучения, которое может иметь (или не иметь) место в отдаленном бу-

душем, т.е. ситуации потенциального облучения. При эффективной системе захоронения отходов их удержание будет обеспечиваться в течение периода, когда они представляют наибольшую опасность, так чтобы только остаточные радионуклиды в отдаленном будущем попадали в окружающую среду. Те или иные соответствующие оценки индивидуальных и коллективных доз облучения будут сопряжены с растущей неопределенностью в функциональной зависимости от времени, из-за неполноты знаний о поведении системы захоронения в будущем, о геологических и биосферных условиях и о привычках и характеристиках людей. Тем не менее система защиты МКРЗ может применяться к захоронению долгоживущих радиоактивных отходов.

Предметом *Публикации № 81, Рекомендации по радиационной защите применительно к захоронению долгоживущих твердых радиоактивных отходов*, является радиологическая защита населения в связи с захоронением долгоживущих твердых радиоактивных отходов при использовании стратегии концентрации и удержания. Рекомендации охватывают различные варианты, включая неглубокое захоронение в земле и помещение отходов в глубокие геологические фор-

Роджер Кларк — Председатель Международной комиссии по радиологической защите и директор Совета по радиологической защите Соединенного Королевства. Он является представителем Соединенного Королевства в Научном комитете ООН по действию атомной радиации (НКДАР ООН) и приглашенным профессором в Имперском колледже Лондонского университета и в университете гр. Суррей.

мации. Они применяются к новым установкам по захоронению, когда существует возможность их выполнения на этапах выбора площадки, проектирования, строительства и эксплуатации; они должны также учитываться при обосновании решений, которые затрагивают производства, связанные с образованием отходов. Комиссия также готовит к выпуску *Публикацию № 82, Принципы защиты населения в ситуациях долговременного облучения*, где содержатся рекомендации о том, как поступать с долгоживущими радиоактивными остатками, уже находящимися в окружающей среде в результате, например, прошлой практики в отсутствие регулирования.

Радиологическая оценка.

При радиологической оценке системы захоронения твердых радиоактивных отходов необходимо рассматривать различные возможные варианты облучения людей. Следует выявить применительно к конкретным площадкам процессы, которые могут привести к облучению населения. Постепенное поступление радионуклидов в окружающую среду может быть результатом некоторых естественных процессов. Типичным примером является постепенная деструкция контейнера с отходами из-за коррозии и последующее высвобождение радионуклидов. К дальнейшим природным процессам, которые могут привести к облучению населения, относится перенос радионуклидов подземными водами, сопровождаемый процессами сорбции, диффузии и дисперсии. Функционирование системы захоронения могут нарушить или повлиять на него иным образом другие, менее вероятные естественные процессы, например сейсмические явления и оледенение.

Деятельность человека в будущем также может привести к нарушению той или иной системы захоронения отходов. Действия людей, затрагивающие целостность хранилища и вызыва-

ющие потенциальные радиологические последствия, называется антропогенным вмешательством. Ответственность за последствия преднамеренного вмешательства несет в первую очередь злоумышленник. Существует также возможность непреднамеренного антропогенного вмешательства, когда сведения о системе захоронения отходов утрачены, т. е. чьих-то неумышленных действий, ведущих к повреждению системы захоронения отходов. Такие действия включают непреднамеренное бурение скважин в хранилище глубокого залегания или непредумышленное строительство на месте хранилища неглубокого залегания. Такие неумышленные действия являются в долгосрочном плане основной проблемой в отношении антропогенного вмешательства; в данном случае под "антропогенным" понимается неумышленное вмешательство.

Определения дозиметрических количеств, используемых Комиссией, приводятся в *Публикации № 60*. (В данной статье термин "доза" означает эффективную дозу.) Величина, отражающая как дозу, так и число людей, подвергшихся облучению, — это коллективная доза, выражаемая произведением средней дозы, которая была получена облучаемой группой, и числа индивидов в группе. В то же время в п. 58 *Публикации № 77* Комиссия признала наличие проблем при оценке коллективной дозы на протяжении длительных периодов в будущем. *"С течением времени возрастает неопределенность как значений индивидуальных доз, так и размера облучаемой группы населения. Более того, современные суждения относительно взаимосвязи дозы и ущерба могут утратить силу применительно к будущим поколениям... Прогнозы в отношении значений коллективной дозы за периоды более нескольких тысяч лет и показателей ухудшения здоровья за периоды более нескольких сот лет должны под-*

вергаться критическому осмыслению".

Обоснование практической деятельности. Обращение с отходами и операции по их захоронению составляют неотъемлемую часть практической деятельности, ведущей к образованию отходов. Неверно считать их отдельными видами деятельности, требующими собственного обоснования. Операции по обращению с отходами и их захоронению, соответственно, необходимо включать в оценку обоснованности тех видов практической деятельности, которые ведут к образованию отходов. Если национальная политика в отношении захоронения отходов претерпела изменения, а деятельность, связанная с их образованием, продолжается, то может потребоваться переоценка обоснованности соответствующей деятельности. Если эта деятельность прекратилась, то следует рассматривать обоснованность не деятельности, а шагов, которые привели к ее прекращению.

Оптимизация защиты. Основным показателем, учитываемым в целях оптимизации защиты, как правило, считается общая (интегрированная) коллективная доза. Однако использование коллективной дозы при захоронении твердых отходов представляется далеко не идеальным. Оптимизация защиты слишком тесно связана с коллективной дозой и использованием анализа соотношения затрат и выгод в сочетании с другими количественными подходами. Неправильное применение понятия коллективной дозы без ограничений во времени и пространстве приводило к ошибкам в распределении ресурсов. Когда оценки индивидуальных и коллективных доз производятся на больших расстояниях и за длительные периоды времени, они становятся ненадежными, частично из-за неопределенностей в методах моделирования. Оценки коллективных доз от жидких отходов должны произ-

водиться с большой осторожностью и представляться тем, кто принимает решения, в виде отдельных блоков индивидуальных доз по времени их получения.

Оптимизация защиты в широком смысле интерпретируется как сочетание всех разумных мер для сокращения доз. Большинство усилий Комиссии направлено на оценку качества мер по оптимизации защиты. Основной смысл концепции оптимизации защиты заключается в том, чтобы заставить задуматься каждого, кто несет ответственность за контроль радиационного облучения, чтобы они постоянно спрашивали себя: "Сделал ли я все, что могу в разумных пределах, для сокращения этих доз облучения?" Таким образом, политика МКРЗ по оптимизации носит оценочный характер, и ее суть выражена в п. 117 *Публикации № 60*: если следующий шаг по сокращению ущерба может быть предпринят лишь посредством выделения ресурсов в серьезной диспропорции с ожидаемым эффектом, то такой шаг не соответствует интересам общества.

Защита будущих поколений. Цель обеспечения защиты будущих поколений по крайней мере на том же уровне, что и живущих сейчас, предполагает использование в качестве индикаторов текущих количественных ограничений доз и рисков, рассчитанных на основе оценки соответствующих вредных последствий для здоровья. В *Публикации № 77* указывается, что дозы и риски в качестве мер оценки ущерба для здоровья не могут прогнозироваться с какой-либо определенностью на периоды свыше нескольких сотен лет. Вместо этого возможны оценка доз или рисков за более длительные периоды времени и сопоставление ее с соответствующими критериями путем проведения испытания, позволяющего судить о приемлемости определенного хранилища на базе современного понимания системы

захоронения. **Такие оценки не должны рассматриваться в качестве прогнозов будущего ущерба для здоровья.**

Нельзя исходить из того, что будущие поколения будут располагать знаниями об операциях по захоронению, осуществляемых в настоящее время. Поэтому защита будущих поколений от захороненных радиоактивных отходов должна достигаться в первую очередь пассивными мерами на этапе проектирования хранилища, причем не следует чрезмерно полагаться на активные меры, которые будут приниматься в будущем. Однако Комиссия признает, что официальный контроль за той или иной установкой по захоронению после ее закрытия может повысить уверенность в ее безопасности, особенно поскольку сокращается вероятность несанкционированного доступа. Комиссия считает, что нет оснований не продолжать осуществление этого контроля в течение продолжительного времени, тем самым значительно способствуя обеспечению общей радиологической безопасности, особенно неглубоких захоронений. Более того, в случае поверхностного или приповерхностного захоронения хвостов переработки урановой руды на такой контроль можно рассчитывать в течение длительного периода времени в ситуациях, когда при неудаче контрольных мер последствия будут, как правило, менее серьезными, чем те, которые связаны с другими долгоживущими радиоактивными отходами.

Природные процессы и антропогенное вмешательство. Следует рассмотреть две общие категории ситуаций, приводящих к облучению: природные процессы и антропогенное вмешательство. Последнее понятие относится только к неумышленному вмешательству. Ответственность за радиологические последствия преднамеренного вторжения в хранилище несет нарушитель. Расчетные дозы

или риски от естественных процессов следует сопоставлять с рекомендуемым МКРЗ максимальной граничной дозой в 0,3 мЗв в год или соответствующим риском, эквивалентным примерно 10^{-5} в год. В отношении антропогенного вмешательства следует рассмотреть последствия одного или нескольких вероятных схематичных сценариев, чтобы оценить устойчивость хранилища к таким событиям.

Комиссия считает, что в условиях, когда антропогенное вмешательство могло бы привести к облучению в достаточно высоких дозах, при которых принимаемые на основе действующих критериев ответные меры почти во всех случаях будут обоснованы, на этапе проектирования хранилища должны быть предприняты рациональные усилия для уменьшения вероятности антропогенного вмешательства или ограничения его последствий. В этом отношении Комиссия ранее рекомендовала использовать существующую годовую дозу порядка 10 мЗв в качестве общего контрольного уровня, ниже которого, как предполагается, ответные меры не всегда были бы оправданы. С другой стороны, существующая годовая доза в 100 мЗв могла бы использоваться как общий контрольный уровень, выше которого принятие ответных мер следует считать почти всегда оправданным. Аналогичные соображения применимы в ситуациях превышения порогов детерминированных эффектов в соответствующих органах.

По мнению Комиссии, если приняты разумные меры для ограничения воздействия естественных процессов и уменьшения вероятности или последствий неумышленного антропогенного вмешательства, а также соблюдены установленные принципы управления и технологии, то требования радиологической защиты могут считаться выполненными. □