

Защита естественных экосистем: радиационное воздействие захоронения радиоактивных отходов

*В последние годы было проведено несколько
аналитических исследований и оценок*

Гордон Линсли

Основное внимание в деятельности регулирующих органов, связанной с выбросами радиоактивных материалов в окружающую среду, уделяется обеспечению защиты отдельных лиц и населения в целом. Считается, что выполнение этого требования автоматически гарантирует защиту других видов живых организмов и, хотя необязательно, их отдельных представителей.* Считается, что почти во всех случаях ограничение доз облучения людей более низкими уровнями обусловит также небольшие дозы облучения других организмов, уровни которых будут ниже уровней, приводящих к экологическим изменениям**. За 30 лет существования ядерной энергетики в отношении этих предположений серьезных сомнений не возникло. Однако этот вопрос постоянно обсуждался, а недавно он стал предметом нескольких аналитических исследований и оценок.

В данном обзоре рассматриваются три возможных сценария (или случая) радиационного воздействия на человека и другие живые организмы (см. рисунок).

Случай А. Общее утверждение, что другие виды живых организмов будут адекватно защищены, кажется обоснованным на первый взгляд в тех случаях, когда выброс радионуклидов в биосферу происходит в непосредственной близости от поселений человека. В этих местах концентрации радионуклидов в окружающей среде удерживаются на очень низких уровнях, чтобы дозы облучения людей были значительно ниже предельных. Однако, принимая во внимание большие различия в чувствительности растений и животных к воздействию радиации, а также их способность выдерживать

значительно более высокие дозы облучения по сравнению с людьми, проживающими в той же самой среде, проведение более тщательного анализа данной проблемы кажется оправданным.

Более высокие дозы облучения могут быть обусловлены процессами переноса радионуклидов из почвы в растения. Эти процессы могут привести к накоплению радионуклидов в растениях и животных. Кроме того, причиной более высоких доз облучения могут являться особенности питания некоторых животных, приводящие к повышенным уровням поступления определенных радионуклидов. В некоторых случаях более близкое расположение растений и некоторых животных к радионуклидам, диспергированным в воде и почве, может обусловить более высокие дозы внешнего облучения по сравнению с радиационным воздействием на людей, проживающих в той же самой среде.

Случай Б. В случае захоронения твердых радиоактивных отходов в глубоких геологических формациях речь идет практически о захоронении в абиотических (безжизненных) средах. Отходы окружаются целым рядом непроницаемых барьеров, предупреждающих миграцию радионуклидов и их поступление в организм человека. Однако в случае приповерхностного захоронения отходов в грунте мы имеем дело с иной ситуацией, т.к. многие такие хранилища располагаются в средах, доступных для более высоких растений и животных.

Случай В. Говоря о глубоководном захоронении низкоактивных пакетированных отходов в море, предположение о защите других видов живых организмов вызывает определенные сомнения. Учитывая большие глубины, на которых происходит захоронение таких отходов, а также длительный путь, который должны проделать радионуклиды прежде, чем они попадут в организм человека, возможно, что дозы облучения глубоководных морских организмов будут значительными, в то время как дозы облучения людей останутся на приемлемых уровнях.

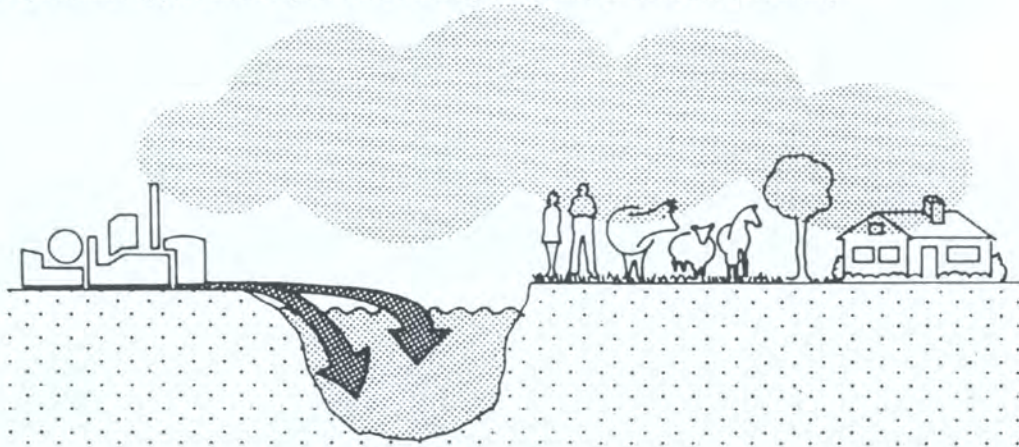
Совершенно очевидно, что в случае В по крайней мере риск радиационного воздействия на естественную биоту может быть выше, чем на человека.

Г-н Линсли — старший сотрудник Отдела ядерного топливного цикла и обращения с радиоактивными отходами МАГАТЭ.

* Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите, МКРЗ, Публикация 26 (1977 г.)

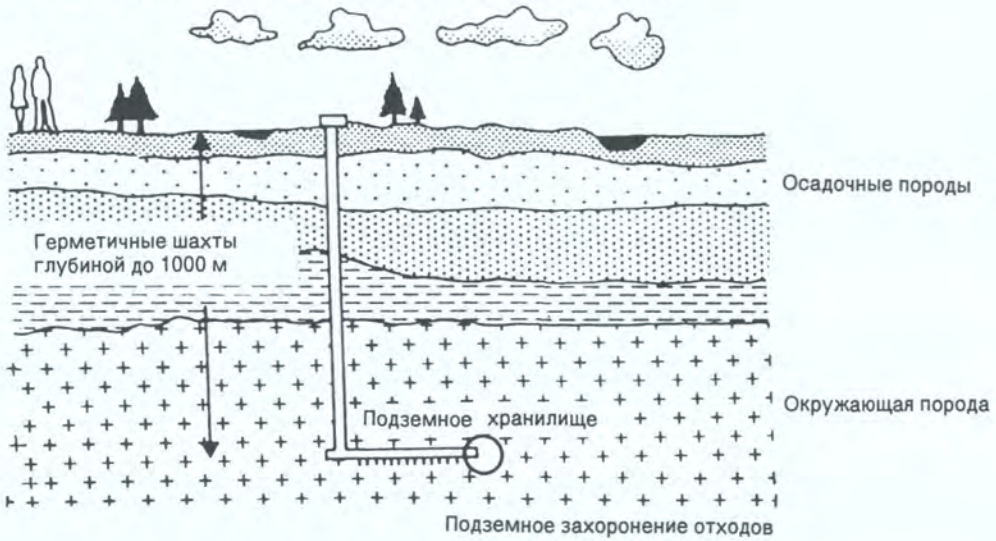
** Выбросы радионуклидов в окружающую среду: Оценка доз облучения людей, МКРЗ, Публикация 29 (1978 г.).

Случай А (человек и другие живые организмы в непосредственной близости от источника)

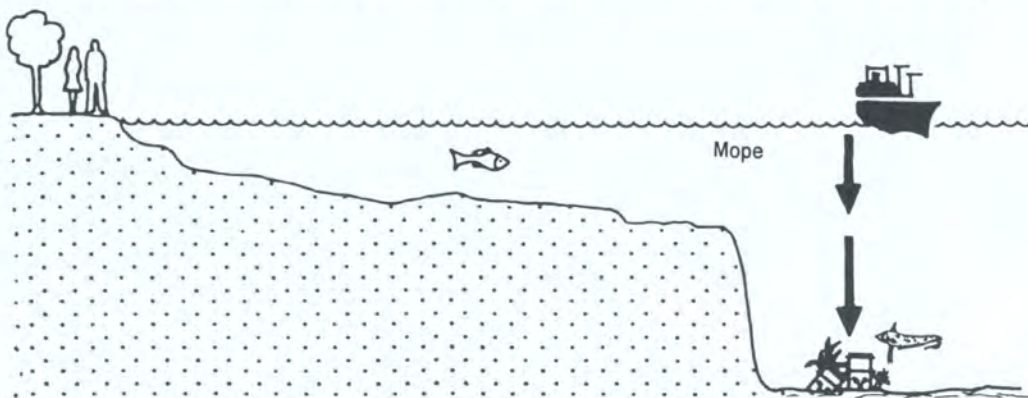


Выбросы в атмосферу и пресноводные источники

Случай Б (человек и другие живые организмы в отдалении от источника)



Случай В (человек в отдалении, а другие живые организмы в непосредственной близости от источника)



Однако здесь следует отметить существующую принципиальную разницу в том, как мы, люди, оцениваем риск для нашего собственного вида по сравнению с другими видами живых организмов. Оценивая риск для человека, мы в основном фокусируем наше внимание на значениях доз облучения отдельных лиц, т.к. именно они считаются важными. В отличие от этого большинство других видов живых организмов рассматриваются и оцениваются нами скорее как популяции, а не поддающиеся идентификации отдельные представители.

В данной статье содержится обзор завершенных и проводимых Агентством и некоторыми государствами исследований в области радиационных воздействий захоронения радиоактивных отходов. Следует подчеркнуть, что эти исследования связаны с защитой окружающей среды, основанной на контроле за захоронением радиоактивных отходов, а не на воздействии на окружающую среду аварийных выбросов радионуклидов или неконтролируемого захоронения радиоактивных отходов.

Подход к оценке

В основу подхода, принятого в наиболее важных исследованиях, положены следующие факторы: (а) анализ информации о воздействии ионизирующего излучения на естественные организмы; (б) определение дозы облучения и/или мощности дозы, превышение которых приводит к вредным эффектам и воздействию на популяции различных видов растений и животных; (в) оценка дозы облучения и/или мощности дозы облучения растений и животных, когда выбросы радионуклидов контролируются с использованием норм защиты человека; (г) определение адекватности защиты популяций растений и животных на основе норм радиационной защиты человека путем сравнения доз облучения и мощностей доз, установленных на этапах (б) и (в).

Случай А: Выбросы в атмосферу и поверхностные воды

Завершается финансируемое МАГАТЭ исследование, в рамках которого проводится оценка воздействия на растения и животных контролируемых выбросов радионуклидов в атмосферу и водные (пресноводные) среды.* На основе обзора имеющейся литературы о радиационном воздействии на экосистемы суши, а также пресноводные экосистемы делается вывод о малой вероятности поддающихся измерению вредных эффектов мощностей доз при хроническом облучении, равных или составляющих менее 1 миллигрей/день (мГр день⁻¹) для организмов экосистем суши и 10 мГр день⁻¹ в пресноводных экосистемах. Аналогичный вывод в отношении водной среды был сделан и в

других предыдущих обзорах Агентства и недавно завершеном американском исследовании.*

В последнем исследовании, которое финансировалось МАГАТЭ, максимальные мощности доз облучения, воздействию которых земные и пресноводные организмы могут подвергаться в результате контролируемых выбросов радионуклидов, оценивались на основе упрощенных и консервативных расчетов. Для оценки воздействия контролируемых выбросов были выбраны уровни выбросов, обуславливающие дозы облучения большинства отдельных лиц из населения, эквивалентные предельной годовой дозе облучения человека (1 мЗв/год). Фактические уровни выбросов составляют лишь незначительную часть от этих значений, благодаря применению принципа максимального практически достижимого снижения дозы облучения (ALARA). В результате использования этого подхода, принятого для расчетов и основанного на максимальном уменьшении доз облучения (как с точки зрения предположений об уровнях выбросов, так и методологии оценки доз), получены значения доз облучения растений и животных, находящиеся в верхней части диапазона доз, которые предположительно могут быть обусловлены контролируруемыми выбросами.

Расчетные дозы облучения растений и животных в результате контролируемых выбросов ниже уровней, при которых можно ожидать вредные воздействия на популяции. Более того, в большинстве вероятных сценариев выброса радионуклидов лишь незначительная часть общих популяций животных и растений может получить эти расчетные дозы.

Однако необходимо подчеркнуть, что имеющаяся информация о воздействии радиации на другие виды живых организмов носит ограниченный характер, поэтому с результатами этих оценок нужно обращаться осторожно, т.к. они могут не охватывать все возможные ситуации.

В ответ на вопрос относительно возможного воздействия газообразных выбросов радионуклидов АЭС на деревья и леса специально проведенное исследование показало, что дозы облучения могут составить лишь весьма незначительную часть естественного радиационного фона.**

Случай Б: Захоронение радиоактивных отходов в глубоких геологических формациях

Целью захоронения радиоактивных отходов в глубоких геологических формациях является их изоляция от среды обитания человека. Захоронение отходов глубоко под землей основывается на использовании естественных барьеров. К их числу

* *Воздействие ионизирующего излучения на водные организмы и экосистемы*, МАГАТЭ, Серия технических отчетов № 172, Вена (1976 г.); *Оценка воздействия глубоководного захоронения низкоактивных отходов в море на морские живые организмы*, МАГАТЭ, Серия технических отчетов № 288, Вена (1988 г.); *Воздействие ионизирующего излучения на водные организмы*, Национальный совет США по радиационной защите и измерениям, Проект отчета.

* *Воздействие ионизирующего излучения на растения и животных на уровнях, предусмотренных действующими нормами радиационной защиты*, Проект отчета.

** *Betrachtungen zur Strahlenexposition von Bäumen durch natürliche und künstliche Strahlenquellen*, by W. Jacobi, and H.G. Paretzke, GSF-Bericht 5/86 (1986).

относится форма кондиционирования или матрица отходов, которая может представлять собой нерастворимые материалы, например, стекло; контейнер для отходов, срок службы которого может быть рассчитан на несколько тысяч лет, как, например, для высокоактивных отходов; а также окружающий буферный материал (обычно это глина), предназначенный для предотвращения проникновения воды и замедления миграции радионуклидов. Если в конечном счете миграция радионуклидов все же произойдет, то это случится в отдаленном будущем; в результате радиоактивного распада, а также разбавления и осаждения на поверхности пород во время переноса подземными водами уровни активности радионуклидов, достигших биосферы, будут очень низкими. Маловероятно, что результирующие уровни активности будут достаточно высокими, чтобы причинить ущерб здоровью людей или растениям и животным.

Приповерхностное захоронение радиоактивных отходов

Для захоронения низко- и среднеактивных отходов, содержащих короткоживущие изотопы, во многих странах мира предпочтение отдается приповерхностному захоронению в земле. В этом случае по сравнению с захоронением в глубоких геологических формациях обеспечивается меньшая степень изоляции отходов, поэтому на некоторых площадках приповерхностного захоронения существует возможность контакта растений или животных с отходами. Ранний опыт захоронения непакетированных отходов в простых траншеях показывает, что в некоторых случаях, например, в результате затопления траншей из-за неправильного выбора площадки или неадекватной дренажной системы, радионуклиды могут распространяться в горизонтальном направлении за пределы зоны траншеи, а также в глубину почвенного разреза, а в некоторых случаях – в местные ручьи и подземные воды.* На современных установках приповерхностного захоронения отходов риск контакта с ними растений, животных и человека значительно ниже, т.к. отходы инкапсулируются и хранятся в бетонных отсеках. Благодаря инкапсуляции, а также правильному выбору площадки и конструкции хранилища снижается возможность миграции радионуклидов из отходов.

В рамках последнего исследования МАГАТЭ были проведены расчеты доз облучения растений и животных при их контакте с приповерхностным хранилищем с учетом предположения, что радиоактивное содержание подземного хранилища контролировалось на основе ограничения дозы облучения человека. Были получены результаты, аналогичные результатам контролируемых выбросов в атмосферу и пресноводные источники, хотя в исследовании признается, что на некоторых более старых площадках концентрации радионуклидов могут превы-

шать рассматриваемые концентрации. Однако на современных инженерно оборудованных площадках захоронения инкапсулированных отходов любое воздействие на растения и животных может носить весьма локализованный характер, и лишь очень небольшая часть любой популяции животных или растений может предположительно подвергнуться воздействию такого источника.

Случай В: Захоронение в море

Недавно был опубликован отчет Агентства о воздействии глубоководного захоронения низкоактивных пакетированных отходов на морские организмы, о котором сообщалось в *Бюллетене МАГАТЭ*.* Данное исследование показало, что учитывая тот факт, что некоторые виды морских организмов проживают в непосредственной близости от гипотетической площадки захоронения отходов, а население изолировано от нее, относительно высокие дозы облучения получают именно эти морские организмы, а дозы облучения человека останутся очень низкими. Если допустить максимальные уровни выброса радионуклидов при глубоководном захоронении низкоактивных пакетированных отходов, разрешенные в соответствии с существующим определением, подготовленным МАГАТЭ для Лондонской конвенции о захоронении в море, некоторое воздействие на окружающую среду действительно кажется возможным.** Это один из факторов, который следует принимать во внимание во время любых будущих пересмотров и дополнений руководящих принципов Агентства относительно практики захоронения отходов в море. Однако необходимо также отметить, что до введения в 1983 г. добровольного моратория государствами-участниками Лондонской конвенции захоронение отходов в Северной Атлантике осуществлялось в масштабах, составляющих лишь незначительный процент от тех, что разрешены в соответствии с нынешним определением. В обзоре Агентства по ядерной энергии сделан вывод о том, что окружающей среде не будет нанесено никакого ущерба в результате прошлой практики захоронения отходов в море.***

* „Захоронение в морях – в защиту рыбы... и человека”, А. Хаген, Бюллетень МАГАТЭ, т. 30, № 4 (1988 г.), тематическое сообщение, основанное на техническом отчете МАГАТЭ *Оценка воздействия глубоководного захоронения низкоактивных отходов в море на морские живые организмы*, Серия технических отчетов № 288 (1988 г.).

** *Определение и Рекомендации для Конвенции по предотвращению загрязнения морей сбросами отходов и других веществ, 1972 г.*, Издание 1986 г., Серия изданий МАГАТЭ по безопасности № 78, Вена (1986 г.).

*** „Анализ постоянной пригодности площадки захоронения радиоактивных отходов в Северо-Восточной Атлантике”, Агентство по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития, Париж (1985 г.).

* *Shallow land burial of low-level radioactive wastes in the USA*, IAEA-SM-243/152 (1980).