



Обычно считается, что преднамеренные сбросы радионуклидов в окружающую среду делаются с расчетом на обеспечение необходимой защиты человека и других видов животного мира. Это, вероятно, справедливо для большинства случаев. Если радионуклиды сбрасываются в часть биосферы вблизи человеческого жилья, то принимаемые пределы облучения человека обуславливают их очень низкую концентрацию. В случае же с захоронением радиоактивных отходов в глубокие геологические формации речь идет об абиотических (безжизненных) зонах. Что касается захоронения в море, то данный общепринятый принцип соблюдается не всегда. Сброс низкоактивных отходов происходит на глубинах, превышающих 4000 м и обеспечивающих пространственное разделение среды обитания человека и мест значительного растворения радиоактивных веществ. В отличие от геологического захоронения здесь не существует непреодолимых барьеров, и можно предположить, что глубоководные морские организмы могут подвергаться в данном случае сильному облучению от сбросов на дно моря, тогда как для человека уровни облучения остаются низкими.

Определение радиоактивных отходов, не подлежащих сбросу в море, подготовленное МАГАТЭ для Конвенции по предотвращению загрязнения морей сбросами отходов и других веществ^{*} (Лондон, 1972 г.), основано на стремлении обеспечить защиту человека.^{*} Оно содержит много информации, позволяющей делать оценки связей доза-эффект и доз-риск. Однако для остальной части окружающей среды не существует общепринятых пределов доз, применимых к отдельным представителям видов или к популяциям в целом, хотя обычно осуществляется защита на уровне популяции и проявляется стремление сделать это в отношении других видов.

В недавно опубликованном Агентством докладе^{**} делается попытка установить критерии оценки воздействия радиоактивных отходов на глубоководные морские организмы на уровне популяции. Информация о влиянии радиации на водные организмы и на глубинную морскую среду, хотя далеко и не полная, однако достаточна для использования на моделях, определяющих возможные поля излучения, и для предоставления данных и необходимого

^{*} См. серию изданий МАГАТЭ по безопасности № 78.

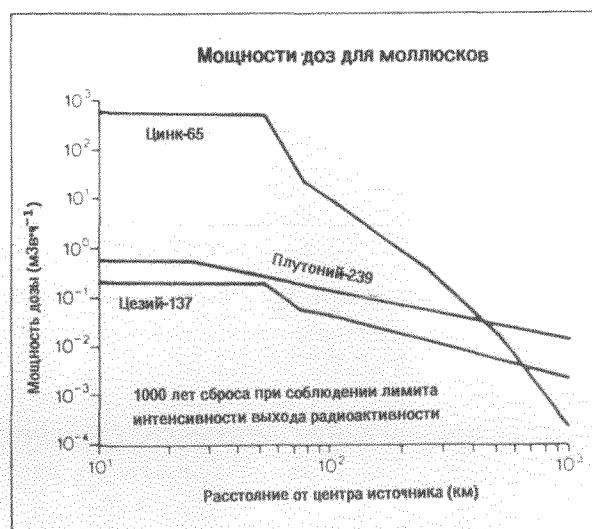
^{**} См. *Assessing the impact of deep sea disposal of low-level radio-active waste on living marine resources*, Серия технических отчетов № 228 (1988 г.)

Г-жа Хаген — сотрудник Отдела МАГАТЭ по ядерной безопасности.

подхода для оценки возможного экологического воздействия глубинного захоронения в море.

В докладе указывается на то, что некоторые радионуклиды могут увеличивать интенсивность больших доз для морских организмов, если сброс осуществляется в течение длительного периода времени и при мгновенном выходе их на дне моря (см. диаграмму). Определены три зоны, показывающие градацию эффектов, уменьшающихся с уменьшением дозы и увеличением расстояния от источника. Чрезмерная смертельная опасность вблизи места захоронения предполагается только тогда, когда мощности доз превышают $10 \text{ МЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$. Вероятность гибели целых популяций маловероятна за исключением тех случаев, когда занимаемая ими территория невелика и полностью находится в зоне действия больших доз.

В докладе приводится гипотетическая мощность дозы для моллюсков от трех радионуклидов в зависимости от расстояния от источника; она определяется на основе годовых сбросов при лимите выхода радиоактивности, указанном в определении МАГАТЭ на период в 1000 лет. В целях изучения возможного влияния радиации на донных и глубоководных морских рыб, крупных и мелких ракообразных и моллюсков были сделаны расчеты для более, чем 100 радионуклидов и определены результирующие мощности доз, представленные в таблицах. Сводная таблица показывает большое число нуклидов с возможным превышением установленных величин мощностей доз для моллюсков в радиусе 50 км от источника (место сброса) и меньшее количество таких нуклидов в радиусе 100 и 1000 км. Тремя



нуклидами, использовавшимися в качестве предельных нуклидов для трех категорий отходов согласно определению МАГАТЭ были цинк-65 для короткоживущих нуклидов, цезий-137 для средне- и долгоживущих бета-гамма-излучателей и плутоний-239 для альфа-излучателей (см. таблицу). Цинк-65, не причиняющий человеку существенного вреда, обладает способностью создавать крупные дозы для донных моллюсков.

Нуклиды, повышающие мощности доз сверх установленной величины

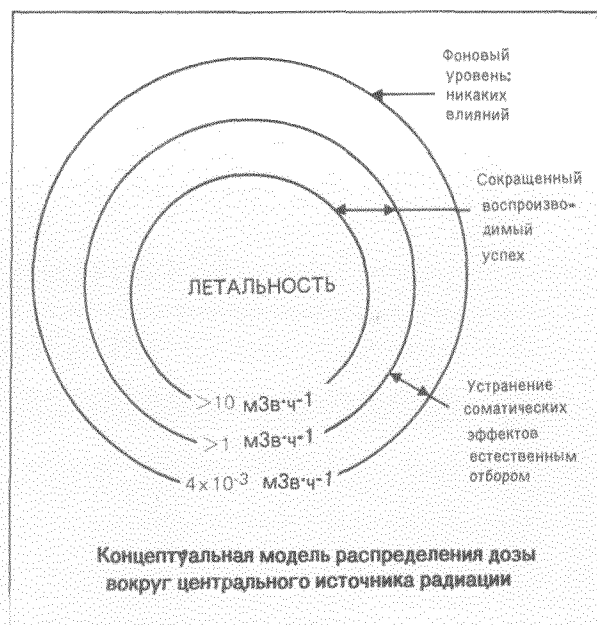
Нуклиды

Мощности доз	В пределах 50 км	100 км	1000 км
Моллюски			
$> 10 \text{ МЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$	^{58}Co , ^{88}Y , ^{46}Sc , ^{54}Mn , ^{95}Zr , ^{144}Ce , ^{160}Tb , ^{182}Ta , ^{59}Fe , $^{110}\text{Ag}^m$, ^{65}Zn , ^{192}Ir , ^{143}Pm , ^{227}Ac , $^{115}\text{Cd}^m$, $^{114}\text{In}^m$, ^{175}Hf , ^{60}Co , $^{(210)\text{Pb}}$, $^{(226)\text{Ra}}$, ^{153}Gd , ^{91}Y , ^{94}Nb , ^{203}Hg , $^{(228)\text{Ra}}$, $^{(230)\text{Th}}$, ^{159}Dy , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{124}Sb , $^{(232)\text{Th}}$, $^{(231)\text{Pa}}$, ^{103}Ru , ^{170}Tm , ^{75}Se , $^{127}\text{Te}^m$, $^{(242)\text{Am}^m}$	$^{110}\text{Am}^m$, $^{115}\text{Cd}^m$, ^{182}Ta , ^{94}Nb , ^{65}Zn , ^{88}Y , ^{203}Hg , ^{58}Co , $^{(210)\text{Pb}}$, $^{(226)\text{Ra}}$, $^{(230)\text{Th}}$, $^{(232)\text{Th}}$, $^{(242)\text{Am}^m}$	$^{(226)\text{Ra}}$
$> 1 \text{ МЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$	$^{125}\text{Te}^m$, $^{(245)\text{Cm}}$, $^{(246)\text{Cm}}$, $^{(243)\text{Am}}$, $^{(247)\text{Bk}}$, $^{113}\text{Cd}^m$, ^{229}Th , ^{155}Eu , $^{(249)\text{Cf}}$, $^{(241)\text{Am}}$, ^{181}W , ^{133}Ba , $^{(231)\text{Pa}}$, $^{(241)\text{Pu}}$	^{46}Sc , ^{95}Zr , ^{160}Tb , ^{124}Sb , $^{114}\text{In}^m$, ^{75}Se , $^{127}\text{Te}^m$, ^{103}Ru , ^{175}Hf , ^{192}Ir , ^{60}Co , ^{228}Ra , ^{59}Fe , ^{144}Ce , $^{(245)\text{Cm}}$, $^{(246)\text{Cm}}$, $^{(249)\text{Cf}}$, ^{143}Pm , $^{(231)\text{Pa}}$, $^{(241)\text{Pu}}$	^{94}Nb , $^{(242)\text{Am}^m}$

Экологические эффекты и воздействие

В докладе делается вывод, что существует вероятность экологического воздействия от продолжительного сбрасывания в море некоторых радионуклидов и что при пересмотре определений и рекомендаций по сбросам отходов в море следует учитывать возможные экологические эффекты в расчетах пределов интенсивности выхода нуклидов. Но это только один из рассматриваемых аспектов. Установленный мораторий на захоронение отходов в море снимает остроту с проблемы такого пересмотра и дает время для достижения успехов в других технических областях, таких как разработка усовершенствованных моделей и критериев облучения человека, включая использование глобальных верхних пределов для установления пределов интенсивности выхода радиоактивности.

При изучении влияния захоронения в определенном месте радиоактивных отходов на глубоководную биоту естественно предположить наличие градации эффектов, ослабевающих с уменьшением дозы и с увеличением расстояния от источника. Можно обозначить три зоны (см. прилагаемую диаграмму). Первая зона – это площадь, прилегающая к источнику и включающая летальную интенсивность излучения и гистопатологические изменения. Мощные дозы, вызывающие летальный исход у отдельных представителей популяции, документированы с учетом специфики видов и возрастных категорий. Поэтому повышенная летальность вблизи места захоронения возможна только на площади, где мощность дозы превышает $10 \text{ мЗв} \cdot \text{ч}^{-1}$. Гибель всей популяции, а это



является основной угрозой, маловероятна за исключением тех случаев, когда занимаемая видами территория невелика и полностью находится в зоне захоронения, где велика мощность доз. Однако имеющаяся информация свидетельствует о широком распространении глубоководных морских видов.