

4. ДОЗА ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ РАДИОНУКЛИДОВ

Перейдем теперь к оценке опасности газового облака, содержащего радионуклиды, являющиеся α -, β - и γ -излучателями (а в некоторых случаях – и нейтронными излучателями). Такие облака возникают при нарушении технологического регламента, испытаниях ядерного оружия, а также при авариях на предприятиях ядерно-топливного цикла. От таких выбросов страдают как профессионалы – сотрудники соответствующих производств или участники испытаний, так и население окружающих областей (иногда – весьма значительных по площади, вплоть до населения всего земного шара). Особенность таких облаков – наличие в них не только рассмотренных выше радиоактивных газов, но и радиоактивных изотопов практически всей Периодической таблицы элементов. Такое облако создает мощное внешнее облучение (за счет γ -излучения, и отчасти – β -излучения), даже когда проходит стороной от населенного пункта, а также мощное внутреннее облучение (в основном – за счет α - и β -излучения, и в меньшей степени – за счет γ -излучения). Радионуклиды попадают внутрь организма через органы дыхания (если человек оказался в радиоактивном облаке без противогаза) или кожные покровы (если человек не облачен в специальный противорадиационный костюм). После прохождения облака, растительность, почва и природные водоемы оказываются загрязненными радионуклидами, которые начинают поступать в организм человека через желудочно-кишечный тракт с питьевой водой, продуктами растениеводства (ягоды, яблоки и т.п.) или по цепочкам трава-корова-молоко, трава-овца-баранина и т.п. Аварийное облако, естественно, содержит радиоактивные изотопы газообразных при комнатной температуре веществ, которые пребывают в атмосфере в молекулярно-дисперсном состоянии. Но с точки зрения радиологии важнее, что оно содержит разнообразные по своей физико-химической природе аэрозоли, на которых адсорбированы отнюдь не летучие в обычном состоянии радионуклиды. Эффективность задержки таких радионуклидов в организме существенно выше, чем радионуклидов инертных газов, причем коэффициенты внедрения зависят от вида размерного спектра аэрозолей.

Расчет дозы, полученной от проходящего радиоактивного облака, представляет собой весьма сложную задачу. Здесь мы остановимся лишь на некоторых моментах (Более подробно эта проблема рассмотрена в курсе лекций «Экологическая радиохимия и радиоэкология»).

При оценке радиационной опасности выбрасываемых в атмосферу радиоактивных веществ прежде всего необходимо оценить их приземную концентрацию, поскольку именно от нее будет зависеть накопление радионуклида в организме при аэрогенном поступлении и при поступлении по пищевым цепям. Для определения опасности облучения от радиоактивного облака необходимы сведения о количестве и виде выброшенных радиоактивных продуктов, функции распределения радионуклидов по объему облака, скорости движения и скорости рассасывания облака, а также о характере облучения людей на его пути, а именно: либо прямое внешнее облучение, либо контактное облучение веществом, находящимся на почве или на коже, либо облучение в результате вдыхания, заглатывания и т.д.

Состав продуктов деления в облаке обычно классифицируют на три категории:

- смесь, возникшая в результате кратковременного выделения энергии;
- смесь, возникшая в результате долговременной работы ядерного реактора при относительно постоянной мощности;
- любой отдельный радиоактивный изотоп, или произвольная комбинация изотопов.

В первых двух случаях большие колебания в периодах полураспада отдельных продуктов деления приводят в конечном итоге к приблизительно степенному закону скорости распада смеси: грубо $t^{-1,2}$ для первого случая и $t^{-0,2}$ для второго. В третьем случае распад каждого радиоизотопа выражается экспоненциальной функцией времени с постоянным коэффициентом. Продукты деления излучают β - и γ -лучи с широким диапазоном энергий. β -частицы имеют пробеги порядка нескольких миллиметров в тканях и нескольких метров в воздухе. γ -лучи имеют средний свободный пробег в воздухе порядка сотен метров и по существу однородно облучают все тело при условии погружения его в радиоактивное облако.

Метеорологическими факторами, которые оказывают влияние на характер и степень облучения являются: скорость ветра, ее изменение по высоте слоя, содержащего основную массу облака, интенсивность турбулентной вихревой диффузии и ее распределение по различным направлениям, а также частота, продолжительность и интенсивность атмосферных осадков.

При расчете дозы внешнего облучения от облака, перемещающегося относительно объекта облучения, стремятся тем или иным способом свести задачу к облучению от точечного источника радиации. Обычно расчеты проводят в два этапа:

1. Интегрирование по времени произведения функций, выражающих поглощение излучения и распад радионуклидов, по каждой и трех взаимно перпендикулярных составляющих пройденного частицами облака расстояния x_1 . Результат этого интегрирования после умножения на коэффициент конверсии дает дозу от единичного точечного источника излучения, продвигающегося с определенной скоростью

и проходящего на расстоянии x_1 (измеряемом по перпендикуляру) от облучаемого объекта (например, человека), который расположен на расстоянии x_2 от точки выделения радиоактивных продуктов.

2. Интегрирование произведения дозы от точечного источника, определенной в операции 1, на функцию распределения концентрации частиц; это интегрирование ведется по расстоянию x_1 траекторий частиц облака от облучаемого объекта, и результат дает интегральную дозу, получаемую от всех частиц облака.

Математический аппарат этого раздела сложен и громоздок, мы его здесь рассматривать не будем.

Дозу от внешнего облучения от покоящегося облака мы уже рассмотрели ранее в этой лекции (равно как и дозу от внутреннего облучения).