

# НРБ–99 и оценка радиационных последствий при аварийных выбросах трития-газа

Ю.Т. Миронов

Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН, Гатчина, Россия

## Введение

При подготовке экспериментов с использованием значительных количеств газообразного трития требуется оценить возможные радиационные последствия при максимальной проектной аварии. Требуется подтвердить при этом достаточность планируемых мер по обеспечению радиационной безопасности или, напротив, указать на необходимость принятия дополнительных мер, вплоть до самых радикальных – уменьшения масштаба экспериментов. Затруднения возникают, когда при выполнении оценок обращаются к НРБ–99 [1], в которых отсутствует норматив среднегодовой допустимый объемной активности трития-газа для населения (обозначим ее  $ДОА_{нас}^{газ}$ ). Задача решается, если доопределить  $ДОА_{нас}^{газ}$  и связанные с ней величины – предел годового поступления  $ППП_{нас}^{гозд}$  и дозовый коэффициент  $\epsilon_{нас}^{гозд}$ , используя другие данные, приводимые в НРБ–99.

### 1. $ДОА_{нас}^{газ}$ , $ППП_{нас}^{гозд}$ , $\epsilon_{нас}^{гозд}$ для трития-газа

Полагая в соответствии с рекомендацией МКРЗ [2], что для индивидуума, погруженного в облако  $^3\text{H}$ , внешнее облучение пренебрежимо мало для всех тканей тела и радиационный эффект всецело определяется внутренним облучением – дозой в легких, в качестве критической выберем группу населения #6 ("взрослые"), для которой характерен наибольший объем вдыхаемого воздуха.

Используя значение допустимой среднегодовой объемной активности трития-газа для персонала  $ДОА_{перс}^{газ}$  из Приложения П–1 к НРБ–99, с учетом соотношения пределов доз ПД – 20 мЗв/год для персонала группы А и 1 мЗв/год для населения (табл. 3.1. НРБ–99), а также соотношения времен облучения персонала и населения в течение календарного года 1700 и 8800 часов соответственно (п.8.2. НРБ–99), будем иметь

$$ДОА_{нас}^{газ} = \frac{1\text{мЗв}}{20\text{мЗв}} \cdot \frac{1700\text{ч}}{8800\text{ч}} \cdot 4,4 \cdot 10^9 \text{Бк/м}^3 = 4,2 \cdot 10^7 \text{Бк/м}^3$$

Для группы #6 населения годовой объем вдыхаемого воздуха  $8,1 \cdot 10^3 \text{ м}^3$  (табл. 8.1. НРБ–99), ПД = 1 мЗв/год и, соответственно полученному значению  $ДОА_{нас}^{газ}$ , имеем

$$ППП_{нас}^{гозд} = 4,2 \cdot 10^7 \text{Бк/м}^3 \cdot 8,1 \cdot 10^3 \text{ м}^3 = 3,4 \cdot 10^{11} \text{Бк/год};$$

$$\epsilon_{нас}^{гозд} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \text{Зв}}{3,4 \cdot 10^{11} \text{Бк}} = 2,9 \cdot 10^{-15} \text{Зв/Бк}.$$

### 2. Максимальная проектная авария на установке для исследования мю–катализа

В качестве примера использования полученных значений  $ДОА_{перс}^{газ}$ ,  $ППП_{нас}^{гозд}$ ,  $\epsilon_{нас}^{гозд}$  и аналогичных нормативов для персонала рассмотрим оценку индивидуальных доз персонала группы Б и критической группы населения при максимальной проектной аварии на установке для исследования мю–катализа на синхротроне ПИЯФ РАН. Установка размещается в экспериментальном зале синхротрона на мезонном пучке в отдельном боксе, который обслуживается автономной вентсистемой В–9. Разность высотных отметок выбросной трубы вентсистемы и бокса составляет +24м. При отказе вентиляции за счет естественной вытяжки в боксе обеспечивается воздухообмен с кратностью  $6 \text{ ч}^{-1}$ . В установке используется  $7,4 \cdot 10^{13} \text{Бк}$  трития-газа.

Максимальной проектной аварией будем считать ситуацию, когда нарушается герметичность магистрали, обеспечивающей заполнение мишени установки тритием, и  $7,4 \cdot 10^{13} \text{Бк}$  за 30 мин выбрасываются в атмосферу. Атмосферные условия при этом характеризуются инверсией температуры. При инверсии объем воздуха у поверхности земли оказывается холоднее окружающей массы воздуха и его движения вверх почти не происходит. Такие условия характеризуются очень слабым турбулентным обменом и разбавлением загряз-

няющей компоненты. Они характерны для *устойчивой* атмосферы [3]. Уменьшение вертикального перемешивания приводит к увеличению концентрации загрязняющей компоненты в приземном слое по сравнению с той, которая имела бы место в *неустойчивой* атмосфере. Наиболее частая инверсия связана с потерей тепла земной поверхностью во время безоблачных и безветренных ночей. Средняя продолжительность такой температурной инверсии ~12 часов [4]. Для определенности консервативно будем считать, что из-за инверсии разбавление аварийного выброса отсутствует, и выброс "прижимается" к земле по периметру здания синхроциклотрона, имеющему усредненный радиус относительно выбросной трубы В-9  $R_{к2} \approx 30$  м. Усредненное минимальное расстояние  $R_B$  от трубы В-9 до зданий, где находится персонал категории Б, составляет  $R_B \approx 100$  м.

Расчеты высоты динамического и теплового подъема газо-воздушной струи над трубой В-9 по различным формулам дают значение от ~1 до 3,6 м. В частности, расчет по известной формуле Карсона и Мозеса [4] дает значение 2 м. Консервативно примем, что подъем струи минимален и соответственно эффективная высота выброса  $h_{эфф} = 25$  м. Объем, в который поступает выброс и формируется облако трития, примем равным разности двух шаровых сегментов с высотой  $h_{эфф} = 25$  м и радиусами оснований соответственно  $R_{к2} \approx 30$  м и  $R_B \approx 100$  м. Объемная активность трития-газа в облаке при этом составит  $\sim 2 \cdot 10^8$  Бк/м<sup>3</sup>. Соответственно при  $DOA_{персБ} = 1/4 DOA_{персА} = 1,1 \cdot 10^9$  Бк/м<sup>3</sup>;  $H_{персБ} = 5 мЗв/год$ , для аварийной дозы облучения персонала группы Б  $H_{персБав}$ , при 8-часовом пребывании в облаке, это дает

$$H_{персБав} = \frac{5 мЗв/год \cdot 2 \cdot 10^8 \text{ Бк/м}^3 \cdot 8ч}{1,1 \cdot 10^9 \text{ Бк/м}^3 \cdot 1700ч} \approx 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ мЗв}, \text{ что ниже дневной дозы для персонала группы Б.}$$

При оценке  $H_{персБав}$  с целью повышения консервативности использовалась годовая норма рабочего времени для персонала группы А 1700 ч, хотя реально для группы Б годовая норма рабочего времени из-за разницы в установленной продолжительности рабочего дня составляет ~1900 ч.

Для критической группы #6 населения консервативную оценку аварийного радиационного воздействия получим, взяв минимальное расстояние от источника выброса. В качестве такового примем расстояние  $R_{мин ССЗ}$  от выбросной трубы вентсистемы В-9 до ближайшего участка границы санитарно-защитной зоны ПИЯФ, которое составляет ~600 м. Объем, в котором формируется тритиевое облако, примем равным разности двух шаровых сегментов с высотой  $h_{эфф} = 25$  м и радиусами оснований соответственно  $\overline{R_{к2}} = 30$  м и  $R_{мин ССЗ} = 600$  м, время пребывания в облаке 12 ч, по истечению которого температурная инверсия разрушается, а тритиевое облако, сформировавшееся под ее воздействием, практически сразу рассеивается. Это дает для объемной активности трития-газа в облаке  $5,3 \cdot 10^6$  Бк/м<sup>3</sup>, а для аварийной дозы облучения критической группы населения  $H_{нас\#6ав}$ :

$$H_{нас\#6ав} = 2,9 \cdot 10^{-15} \text{ Зв/Бк} \cdot 5,3 \cdot 10^6 \text{ Бк/м}^3 \cdot \frac{8,1 \cdot 10^3 \text{ м}^3 \cdot 12ч}{8800ч} \approx 1,7 \cdot 10^{-4} \text{ мЗв},$$

что пренебрежимо мало по сравнению с допустимой величиной.

Оценки показывают, что как для персонала группы Б, так и для населения, радиационные последствия максимальной аварии в эксперименте "Мю-катализ" на синхроциклотроне ПИЯФ не представляют серьезной опасности, не выходят за пределы допустимых величин.

### Заключение

Доопределение в рамках НРБ-99  $DOA_{нас}^{газ}$ ,  $ППП_{нас}^{возд}$ ,  $\epsilon_{нас}^{возд}$ , относящихся к тритию-газу, позволяют делать оценки радиационных последствий аварийных выбросов, а в сочетании с развитыми методами расчета выбросов, представленными, например, в руководстве ДВ-98 [5], использование полученных значений  $DOA_{нас}^{газ}$ ,  $ППП_{нас}^{возд}$ ,  $\epsilon_{нас}^{возд}$  дает возможность обоснованно регламентировать ядерно-физические эксперименты с <sup>3</sup>Н.

### Литература

1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99), Минздрав России, 1999.
2. Публикация №30 МКРЗ. Пер. с англ. М., Энергоиздат, 1982, с. 56-58.
3. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности. 4-е изд. - М., Энергоатомиздат, 1991, с. 198, 199.
4. Уорк К., Уорнер С. Загрязнение воздуха. Источники и контроль. Пер. с англ. - М., Мир, 1980, с. 101-104, 146.
5. Руководство по установлению допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферу (ДВ-98), Минатом России. - М., 1999.