

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии
и техногенной безопасности

**Прогнозирование и оценка обстановки при аварии с выбросом
радиационных веществ на ПЗРО**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки _____ 4 _____ курса _____ 441 группы _____
направления _____ 20.03.01 «Техносферная безопасность» _____
код и наименование направления, специальности _____
Института химии

Хониной Юлии Игоревны

Научный руководитель
доцент, к.х.н. _____

В.З. Угланова

Заведующий кафедрой
профессор, д.х.н., профессор _____

Р.И. Кузьмина

Саратов 2018

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленности и ядерной энергетики во второй половине XX в. обусловило появление на планете большого количества антропогенных радионуклидов.

Их суммарная активность в среднем соразмерна с активностью естественного радиоактивного фона, но на некоторых участках (техногенно-повышенного фона) может существенно превысить его.

Потенциальным источником поступления радионуклидов в окружающую среду являются хранилища радиоактивных отходов. Разгерметизация емкостей хранилищ и нарушения гидроизоляции могут привести к попаданию радиоактивных веществ во все слои биосферы: в литосферу, в атмосферу и гидросферу.

Указанные выше факторы обуславливают возможность облучения населения в значительные периоды времени.

Для принятия необходимых инженерных решений по защите населения и персонала необходимо уметь прогнозировать сценарии возможных аварий и их последствий, рассчитывать исходные условия аварий, а так же проводить мероприятия по повышению безопасности на объекте.

В связи с этим целью данной работы является: прогнозирование и оценка радиационной обстановки гипотетической чрезвычайной ситуации, связанной с выбросом радиоактивных веществ на ПЗРО.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

Выявление радиационной обстановки:

1. Определить размеры прогнозируемых зон радиоактивного загрязнения местности;
2. Определить время подхода радиоактивного облака к населенному пункту;

3. Определить размеры зон облучения щитовидной железы детей и взрослого населения за время прохождения радиоактивного облака;

Оценка радиационной обстановки:

4. Определить мощность дозы внешнего гамма-излучения на следе радиоактивного облака;

5. Определить дозу внешнего гамма-облучения при прохождении радиоактивного облака;

6. Определить дозу внешнего гамма-облучения при расположении населения;

7. Определить дозу облучения щитовидной железы;

8. Определить допустимое время пребывания на загрязненной территории;

9. Определить дозу внешнего гамма-облучения эвакуируемого населения, преодолевающего след радиоактивного облака и определить мощность дозы на маршруте на 24 часа после начала выброса;

10. Рассчитать необходимое количество транспортных средств, планируемых для эвакуационных перевозок населения из зараженной территории.

Раздел 1 Расчетная часть

1.1 Исходные данные ЧС. На радиационно-опасном объекте произошла авария с выбросом в окружающую среду радиоактивных веществ, таких как: радионуклиды йода-131 с периодом полураспада – 8,04 суток, стронций-90 с периодом полураспада – 28 лет и цезий-137 с периодом полураспада – 30,2 лет.

Условия ЧС: время – 13:00, весна, ясно, ветер юго-западный, скорость ветра 3 м/с.

1.2 Оценка радиационной обстановки в условиях гипотетической радиационной аварии

1. Определение размеров зон радиоактивного загрязнения.

Согласно таблице со значениями для заданных метеоусловий (день, весна, ясно, $V_0 = 3$ м/с) наиболее вероятная степень вертикальной устойчивости – конвекция.

По таблице со значениями определяем, что верхние критериальные значения дозы облучения D_0 , при которой нужно проводить укрытия населения, соответствует 50 мЗв за первые 10 суток, эвакуацию взрослого населения – 500 мЗв за первые 10 суток.

Глубину зон радиоактивного загрязнения определим по таблице со значениями:

$$L_x - (50, 10 \text{ суток}) - 300 \text{ км.}$$

$$L_x - (500, 10 \text{ суток}) - 44 \text{ км.}$$

По формуле определяем максимальную ширину зоны. Для этого по таблице находим коэффициент a для конвекции ($a = 0,20$). Тогда:

$$L_y(50, 10 \text{ суток}) = a \cdot L_x(50, 10 \text{ суток}) = 300 \cdot 0,20 = 60 \text{ км.}$$

$$L_y(500, 10 \text{ суток}) = a \cdot L_x(500, 10 \text{ суток}) = 44 \cdot 0,20 = 8,8 \text{ км.}$$

По формуле определяем площадь зон радиоактивного загрязнения:

$$S(50, 10 \text{ суток}) = 0,8 \cdot L_x(50, 10 \text{ суток}) \cdot L_y(50, 10 \text{ суток}) = 14400 \text{ км}^2$$

$$S(500, 10 \text{ суток}) = 0,8 \cdot L_x(500, 10 \text{ суток}) \cdot L_y(500, 10 \text{ суток}) = 310 \text{ км}^2.$$

Результаты вычислений сводим в таблицу 1.

Таблица 1 – Размеры зон радиоактивного загрязнения

Наименование зон	Размеры зон		
	L _x , км	L _y , км	S, км
Эвакуация взрослого населения (50 мЗв за первые 10 суток)	300	60	14400
Эвакуация взрослого населения (500 мЗв за первые 10 суток)	44	8,8	310

2. Определение времени подхода радиоактивного облака.

По формуле определяем время подхода радиоактивного облака к городу Саратов, для этого по таблице со значениями определяем α для конвекции ($\alpha=0,23$). $X=25$, $V_{0 \text{ ср}} = 3 \text{ м/с}$.

$$T_{нА} = \frac{0,23 \cdot 25}{3} = 1 \text{ час } 55 \text{ мин} \approx 2 \text{ ч.}$$

Астрономическое время прихода облака определяется по формуле:

$$T_n = 1 \text{ ч } 55 \text{ мин} + 13,00 \text{ ч} = 14 \text{ ч } 55 \text{ мин} \approx 15 \text{ ч.}$$

3. Определение размеров зон облучения щитовидной железы.

По таблице со значениями определяем, что верхние критериальные значения дозы облучения щитовидной железы, при которой нужно проводить йодную профилактику, составляют: для взрослых – 500 мЗв, для детей – 250 мЗв.

По таблице со значениями определяем глубину зон облучения щитовидной железы и для детей и для взрослого населения.

$$L_{тж}(500, В) = 75 \text{ км.}$$

$$L_{тж}(250, Д) = 205 \text{ км.}$$

Определяем максимальную ширину по формуле. Для этого по таблице со значениями находим коэффициент **a** для конвекции (a=0,20).

$$L_{yж} (500) = 0,20 \cdot 75 = 15 \text{ км.}$$

$$L_{yж} (250,Д) = 0,20 \cdot 205 = 41 \text{ км.}$$

Определяем по формуле площадь зон облучения щитовидной железы.

$$S_{ж} (500) = 0,8 \cdot 75 \cdot 15 = 900 \text{ км}^2$$

$$S_{ж} (250,Д) = 0,8 \cdot 205 \cdot 41 = 6724 \text{ км}^2.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – определение максимальной ширины зон

Наименование зон	Критериальное значение дозы, мЗв	Размеры зон		
		$L_x^ж$, км.	$L_y^ж$, км.	S , км ² .
Зона йодной профилактики:				
Взрослых	500	75	15	900
Детей	250	205	41	6724

4. Определение мощности дозы внешнего гамма-излучения на следе радиоактивного облака в т. А с координатами (X=25км, Y=0,5 км).

По таблице со значениями для заданных погодных условий определяем мощность доз гамма-облучения на оси следа, приведенные на час после аварии.

В точке А – $P_{1A}^0 = 13 \text{ мЗв/ч.}$

По определяем мощность дозы гамма-излучения на время $t_n=2\text{ч}$ после выброса, используя значение коэффициента K_t :

$$P_{2A}^0 = 0,64 \cdot 13 = 8,3 \frac{\text{мЗв}}{\text{ч}}.$$

Используя данные таблицы со значениями, по формуле, определяем на 2 часа после выброса мощность дозы гамма-излучения в т.А, удаленных от оси на 0,5 км, соответственно:

$$P_{2A} = 0,9 \cdot 8,3 = 7,5 \frac{\text{мЗв}}{\text{час}}.$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3

Таблица 3 – Мощность дозы внешнего гамма-излучения на следе радиоактивного облака.

Наименование точки	Координаты относительно ПЗРО X,км Y, км		Время начала аварии, T _p	Мощность дозы на t = 2ч после начала выброса, мЗв/ч
г.Саратов(точка А)	25	0,5	13:00	8,3

5. Определение дозы внешнего гамма-облучения при прохождении радиоактивного облака в точке А (25; 0,5) – координаты города.

По формуле определяем дозу внешнего гамма-облучения в т.А при прохождении радиоактивного облака, используя данные таблицы со значениями.

$$D_{\text{обл.А}}^0 = 0,9 \cdot 5,8 = 5,2 \text{ мЗв}.$$

6. Определение дозы внешнего гамма-облучения при расположении населения, в городе т.А (25;0,5), укрытые в подвалах одноэтажных каменных домов за 1 сутки после начала аварии, считая началом облучения время подхода радиоактивного облака.

По данным таблицы определяем коэффициент ослабления радиации для подвалов одноэтажных каменных домов $K_0^n = 50$.

Определяем мощность дозы гамма-излучения на 1 час после аварии по формуле, для этого используем таблицы со значениями.

$$P_{1A} = 0,9 \cdot 13 = 11,7 \frac{\text{мЗв}}{\text{ч}}.$$

По формуле и таблице со значениями определяем дозу облучения населения за 1 сутки после аварии в т.А:

$$D_A = \frac{5,8 \cdot 11,7}{50} = 1,4 \text{ мЗв}$$

7. Определение допустимого времени пребывания на загрязненной территории.

По таблице со значениями определяем допустимую продолжительность пребывания людей на радиоактивной зараженной местности.

Время подхода облака к городу $t_{нА}=2\text{ч}$. Коэффициент **a** определяется по формуле, где:

P_t – мощность дозы внешнего гамма-излучения в городе т.А ($X = 25\text{км}$, $Y = 0,5 \text{ км}$) на 2 часа после аварии. $P_{2А} = 9,6 \text{ мЗв/час}$;

K_t – коэффициент пересчета значений мощности дозы гамма-излучения на заданное время (2 часа) после аварии, определяется по таблице со значениями $K_2=0,64$;

$D_{\text{зад}}$ – определяется по таблице со значениями, для эвакуации – 50мЗв ;

$K_{\text{осл}}$ – определяется по таблице со значениями, на открытой местности – $K_{\text{осл}} = 1$.

По формуле, подставляя значения всех величин для условий, получаем:

$$a = \frac{9,6}{0,64 \cdot 50 \cdot 1} = 0,3$$

В таблице со значениями на пересечении строчки **a** и графы времени, прошедшее с момента аварии до начала облучения, находится продолжительность пребывания населения на зараженной местности. $T = 5,35\text{ч}$.

8. Определение дозы внешнего гамма-облучения эвакуируемого населения, преодолевающего след радиоактивного облака с помощью транспортных средств по маршруту.

На карте наносим маршрут движения и определяем его протяженность.

Определяем протяженность маршрута эвакуации по загрязненной территории L и по формуле время движения эвакуируемого населения T :

$$L = 62 \text{ км.}$$

$$T = \frac{62}{60} = 1,03 \text{ ч} \approx 1 \text{ ч}$$

Определим по формулам мощность дозы гамма-излучения на границах маршрута на время начала движения (2 часа после выброса РВ).

Для т.В, с помощью формулы и таблицы со значениями, определим мощность дозы гамма-излучения на оси следа на момент времени 2 часа:

$$P_f^0 = 0,64 \cdot 2 = 1,28 \text{ мЗв.}$$

Определим мощность дозы гамма-излучения в т.В, с координатами (X,Y),используя формулу и таблицу со значениями.

$$P_2 = 0,9 \cdot 1,28 = 1,15 \frac{\text{мЗв}}{\text{ч}};$$

По формуле и по таблице со значениями определяем дозу внешнего гамма-облучения при преодолении следа, где $V=60$ км/ч.

$$Dc = \frac{1,15 \cdot 62}{2 \cdot 60 \cdot 2} = 0,3 \text{ мЗв.}$$

Определим мощность дозы гамма-излучения в граничных точках маршрута на $t = 24$ после начала выброса, используя найденные значения на 2 часа после аварии и коэффициента пересчета по таблице со значениями:

$$P_2 = 0,22 \cdot 1,15 = 0,25 \frac{\text{мЗв}}{\text{ч}};$$

По формуле определяем среднюю мощность дозы на маршруте на 24 часа после начала выброса:

$$P_{24} = \frac{0,25}{1} = 0,25 \text{ мЗв/ч.}$$

9. Расчет транспортных средств, планируемых для эвакуационных перевозок населения из города С. и Э. в село С.

Эвакуации подлежат все население городов $\approx 1\,070\,000$ чел.

Исходя из общих данных, население городов составляет 1 070 000 чел., в среднем – 267 500 семей, при условии, что в 1 семье 4 человека. По статистике в городах С. и Э. за 2014 в среднем у 50% семей (133 750) имеется 1 личный автомобиль на каждую семью. Как известно, легковые автомобили, находящиеся в личном пользовании граждан, в организованном порядке привлекаются для вывоза членов семей владельцев этого транспорта.

Рассчитаем количество транспортных средств, для оставшегося населения:

$$267\,500 - 133\,750 = 133\,750 \text{ сем.}$$

Рассчитаем из оставшихся семей общее количество людей:

$$N_{\text{люд}} = 133\,750 \cdot 4 = 535\,000 \text{ чел.}$$

Для эвакуации населения будут использоваться автобусы Mercedes-Benz О 405, средней длиной 12 м и общей вместимостью до 120 мест.

Допустимая продолжительность пребывания людей в г. С., как уже было определено ранее составляет 5,35ч.

Расстояние от г. С. (т.А) до с. С. (т.В) составляет – 62км, средняя скорость автобуса – 60км/ч., то время движения автобуса от т.А в т.В составляет ≈ 1 ч., то следовательно время движения автобуса из т.В в т.А тоже составляет ≈ 1 ч. Время посадки и высадки людей составит ≈ 30 мин. Из этого следует, что 1 автобус за 2ч 30 мин. эвакуирует 120 человек.

Определим, количество рейсов, необходимое сделать 1 автобусу за 5,35 часов и количество эвакуируемых людей за этот период времени:

$$P_{\text{автоб}} = \frac{5,35}{2,5} = 2 \text{ рейса};$$

$$N_{\text{нас}} = 2 \cdot 120 = 240 \text{ чел.}$$

Определим необходимое количество автобусов для эвакуации оставшегося населения за 5,35 ч.:

$$N_{\text{автоб}} = \frac{535\,000}{240} = 2229 \text{ ед.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение источников ионизирующих излучений в различные сферы жизнедеятельности, такие как промышленность (энергетическую и т.д.), медицина, сельское хозяйство, научные исследования, а также наличие на вооружении военных сил ядерных боеприпасов и средств их доставки и управления, работа человека в Космосе увеличивает число людей, которые могут быть подвергнуты воздействию ионизирующих излучений.

Несмотря на достаточно совершенные современные технологические и технические системы по обеспечению радиационной безопасности персонала и населения, сохраняется определенная вероятность возникновения крупномасштабных радиационных аварий. В связи с этим, мероприятия, направленные на понижение вероятности возникновения радиационных аварий в мирное время, а также минимизация воздействия опасностей на людей (действия в условиях радиационной ЧС), являются актуальными всегда.

На основании проведенных расчетов оценки ситуации в условиях возможной радиационной аварии сделаны следующие выводы:

1. Показано, что при радиационной аварии на ПЗРО с заданными исходными условиями, зоны радиоактивного заражения, охватывают несколько населенных пунктов городов, а также деревни и поселки, находящиеся недалеко от Э. Прогнозирование масштабов заражения показало необходимость эвакуации населения г. С. и г. Э.. Загородной зоной, согласно результатам расчетов, выбран населенный пункт – п. С..

2. Установлено, что:

Размеры прогнозируемых зон радиоактивного загрязнения местности составляют – 44 км в длину и 8,8 км в ширину для самой высокой концентрации ионизирующего излучения.

Время подхода радиоактивного облака (к г. С.), $T_n=2$ часа;

Размеры зон облучения щитовидной железы за время прохождения радиоактивного облака для детей – в длину 205 км, а в ширину 41 км, для взрослого населения – 75 км в длину и 15 км в ширину;

Мощность дозы внешнего гамма-излучения на следе радиоактивного облака, $P_{2A}=9,6$ мЗв/час.;

Доза внешнего гамма-облучения при прохождении радиоактивного облака, $D^0_{\text{обл.А}} = 5,2$ мЗв;

Доза внешнего гамма-облучения при расположении населения, $D_A = 1,4$ мЗв;

Допустимое время пребывания на загрязненной территории, $T = 5,35$ ч;

Доза внешнего гамма-облучения эвакуируемого населения, преодолевающего след радиоактивного облака, $D_c = 0,3$ мЗв,

Мощность дозы на маршруте на 2 и 24 часа после начала выброса, $P_2 = 0,25$ мЗв/ч, $P_{24} = 0,25$ мЗв/ч;

Необходимое количество транспортных средств, планируемых для эвакуационных перевозок населения из загрязненной территории, за определенное время, $N_{\text{автоб}} = 2229$ ед.

С целью предотвращения возникновения ЧС на ПЗРО необходимо:

- 1) повысить контроль за работой оборудования, за своевременной заменой оборудования;
- 2) строгий контроль за соблюдением технологических норм.