

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 августа 2021 г. № 288.

Рекомендуемые методы расчета
параметров, необходимых для разработки
и установления нормативов предельно
допустимых выбросов радиоактивных
веществ в атмосферный воздух. РБ-106-21

Введено в действие с 30 августа 2021 г.

© Москва 2021.

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух»

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух» (далее — Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522 (зарегистрирован Минюстом России 2 февраля 2016 г., регистрационный № 40939), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла» (НП-016-05), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 2 декабря 2005 г. № 11 (зарегистрировано Минюстом России 1 февраля 2006 г., регистрационный № 7433), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок» (НП-033-11), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 июня 2011 г. № 348 (зарегистрирован Минюстом России 29 августа 2011 г., регистрационный № 21700), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности судов и других плавсредств с ядерными реакторами» (НП-022-17), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 4 сентября 2017 г. № 351 (зарегистрирован Минюстом России 27 сентября 2017 г., регистрационный № 48344), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников» (НП-038-16), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 сентября 2016 г. № 405 (зарегистрирован Минюстом России 24 октября 2016 г., регистрационный № 44120), и федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения» (НП-058-14), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 августа 2014 г. № 347 (зарегистрирован Минюстом России 14 ноября 2014 г., регистрационный № 34701).

Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендуемые Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух.

Руководство по безопасности распространяется на объекты использования атомной энергии, осуществляющие выбросы радиоактивных веществ в атмосферный воздух.

Настоящее Руководство по безопасности предназначено для применения организациями, осуществляющими разработку проектов нормативов выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух, а также организациями, осуществляющими экспертизу указанных проектов.

Выпускается взамен РБ-106-15 «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных

веществ в атмосферный воздух», утвержденного приказом Ростехнадзора от 11 ноября 2015 г. № 458.

Руководство по безопасности разработано коллективом авторов в составе: А. В. Курындин, А. С. Шаповалов, Н. Б. Тимофеев (ФБУ «НТЦ ЯРБ»).

Оглавление

I. Общие положения	5
II. Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух	7
III. Рекомендации по определению источников выбросов и радионуклидов, для которых должны быть установлены нормативы, при разработке нормативов предельно допустимых выбросов	15
IV. Рекомендации по применению рассчитанных параметров для расчета нормативов предельно допустимых выбросов	19
Приложение № 1	23
Рекомендуемые методы расчета фактора разбавления, факторов сухого осаждения и влажного выведения	23
Приложение № 2	29
Рекомендуемые значения параметров, используемых при расчете доз облучения человека	29
Приложение № 3	48
Приложение № 4	58
Пример расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов	58

I. Общие положения

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух» (РБ-106-21) (далее — Руководство по безопасности) разработано в соответствии со статьей 6 Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» в целях содействия соблюдению требований федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 2 февраля 2016 г., регистрационный № 40939), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности объектов ядерного топливного цикла» (НП-016-05), утвержденных постановлением Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 2 декабря 2005 г. № 11 (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации 1 февраля 2006 г., регистрационный № 7433), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности исследовательских ядерных установок» (НП-033-11), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 июня 2011 г. № 348 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 29 августа 2011 г., регистрационный № 21700), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности судов и других плавсредств с ядерными реакторами» (НП-022-17), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 4 сентября 2017 г. № 351 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 27 сентября 2017 г., регистрационный № 48344), федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности радиационных источников» (НП-038-16), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 28 сентября 2016 г. № 405 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 24 октября 2016 г., регистрационный № 44120), и федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Безопасность при обращении с радиоактивными отходами. Общие положения» (НП-058-14), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 августа 2014 г. № 347 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 14 ноября 2014 г., регистрационный № 34701).

2. Настоящее Руководство по безопасности содержит рекомендуемые Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух.

3. Настоящее Руководство по безопасности распространяется на объекты использования атомной энергии, осуществляющие выбросы радиоактивных веществ в атмосферный воздух.

4. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для применения организациями, осуществляющими разработку проектов нормативов выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух, а также организациями, осуществляющими экспертизу указанных проектов.

5. Требования федеральных норм и правил в области использования атомной энергии могут быть выполнены с использованием иных способов, чем те, которые содержатся в настоящем Руководстве по безопасности, при обоснованности выбранных способов.

II. Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух

6. Параметры, необходимые для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух, рекомендуется рассчитывать в соответствии с соотношениями, изложенными в настоящем Руководстве по безопасности.

7. Для выполнения расчетов функций перехода, связывающих годовую эффективную дозу с выбросами радионуклидов, предусмотренных разделом III Методики разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух, утвержденной приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 7 ноября 2012 г. № 639 (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 18 января 2013 г., регистрационный № 26595) (далее — Методика), рекомендуется руководствоваться положениями данного раздела настоящего Руководства по безопасности.

8. Соотношение для расчета функции перехода, связывающей активность годового выброса радионуклида r из i -го источника с годовой эффективной дозой облучения населения, приведенное в пункте 14 Методики, рекомендуется представить в следующем виде:

$$\Psi_{r,i}(x, n) = \Psi_{r,i}^{\text{обл}}(x, n) + \Psi_{r,i}^{\text{пов}}(x, n) + \Psi_{r,i}^{\text{инг}}(x, n) + \Psi_{r,i}^{\text{пищ}}(x, n) \quad (1)$$

где:

$\Psi_{r,i}^{\text{обл}}(x, n)$ — функция перехода для расчета годовой дозы внешнего облучения от облака, Зв/Бк;

$\Psi_{r,i}^{\text{пов}}(x, n)$ — функция перехода для расчета годовой дозы внешнего облучения от радиоактивного загрязнения поверхности земли, Зв/Бк;

$\Psi_{r,i}^{\text{инг}}(x, n)$ — функция перехода для расчета годовой дозы внутреннего облучения от вдыхания радионуклидов (ингаляционный путь), Зв/Бк;

$\Psi_{r,i}^{\text{пищ}}(x, n)$ — функция перехода для расчета годовой дозы внутреннего облучения от потребления пищевых продуктов, содержащих радионуклиды (пероральный путь), Зв/Бк;

x — расстояние от источника, м;

n — номер румба, определяющего направление распространения выброса.

9. Расчет функции перехода $\Psi_{r,i}^{\text{обл}}(x, n)$ рекомендуется производить по формуле:

$$\Psi_{r,i}^{\text{обл}}(x, n) = \begin{cases} R_{\text{обл}}^r \cdot \bar{G}_{i,n}^r(x), & \text{если } i \text{ — организованный источник выбросов} \\ R_{\text{обл}}^r \cdot \bar{G}_{i,n}(x), & \text{если } i \text{ — неорганизованный площадной источник выбросов} \end{cases} \quad (2)$$

где:

$R_{\text{обл}}^r$ — коэффициент дозового преобразования при внешнем облучении человека от облака для радионуклида r , (Зв·м³)/(с·Бк);

$\overline{G}_{i,n}^r(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы для радионуклида r на расстоянии X от i -го организованного источника в n -ом румбе, $\text{с}/\text{м}^3$, для расчета которого рекомендуется использовать формулу (1) или (2) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности;

$\overline{G}_{i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы на расстоянии x от i -го неорганизованного площадного источника в n -ом румбе, $\text{с}/\text{м}^3$, для расчета которого рекомендуется использовать формулу (6) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности.

Рекомендуемые численные значения коэффициентов $R_{обл}^r$ приведены в таблице № 1 приложения № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

10. Расчет функции перехода $\Psi_{r,i}^{пов}(x, n)$ рекомендуется производить по формуле:

$$\Psi_{r,i}^{пов}(x, n) = \left(F_{r,i,n}(x) + W_{r,i,n}(x) \right) \cdot \frac{R_{пов}^r}{\lambda^r + \lambda_b} \quad (3)$$

где:

$F_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника выброса в n -ом румбе, м^{-2} ;

$W_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор влажного выведения радионуклида r из облака на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника выброса в n -ом румбе, м^{-2} ;

$R_{пов}^r$ — коэффициент дозового преобразования при внешнем облучении человека от радиоактивно загрязненной поверхности без учета глубинного распределения для радионуклида r , $(\text{Зв} \cdot \text{м}^2)/(\text{с} \cdot \text{Бк})$;

λ^r — постоянная радиоактивного распада радионуклида r , с^{-1} ;

λ_b — постоянная спада мощности дозы γ -излучения от загрязненной поверхности земли за счет экранирования верхними слоями почвы, диффузии вглубь и выведения радионуклидов из нее за счет различных процессов, кроме радиоактивного распада, с^{-1} (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равной $1,27 \cdot 10^{-9} \text{ с}^{-1}$).

Рекомендуемые численные значения дозовых коэффициентов $R_{пов}^r$ приведены в таблице № 1 приложения № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

Рекомендуемые методы расчета величин $F_{r,i,n}(x)$ и $W_{r,i,n}(x)$ для различных типов источников выбросов (организованные, неорганизованные площадные источники) приведены в приложении № 1 к настоящему Руководству по безопасности.

11. Расчет функции перехода $\Psi_{r,i}^{инг}$ рекомендуется производить по формуле:

$$\Psi_{r,i}^{инг}(x, n) = \begin{cases} U_{IH}^r \cdot \varepsilon_{инг}^r \cdot \overline{G}_{i,n}^r(x), & \text{если } i \text{ — организованный источник выбросов} \\ U_{IH}^r \cdot \varepsilon_{инг}^r \cdot \overline{G}_{i,n}(x), & \text{если } i \text{ — неорганизованный площадной источник выбросов} \end{cases} \quad (4)$$

где:

U_{IH}^r — интенсивность вдыхания для лиц возрастной группы, которая является критической по поступлению радионуклида r за счет ингаляции, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\varepsilon_{\text{инг}}^r$ — коэффициент дозового преобразования при ингаляции радионуклида r для возрастной группы, которая является критической по поступлению радионуклида r за счет ингаляции, Зв/Бк;

$\overline{G}_{i,n}^r(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы для радионуклида r на расстоянии x от i -го организованного источника в n -ом румбе, с/м^3 , для расчета которого рекомендуется использовать формулу (1) или (2) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности;

$\overline{G}_{i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы на расстоянии x от i -го неорганизованного площадного источника в n -ом румбе, с/м^3 , для расчета которого рекомендуется использовать формулу (6) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности.

Рекомендуемые значения U_{IH}^r для различных возрастных групп населения приведены в таблице № 2 приложения № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

Значения коэффициентов $\varepsilon_{\text{инг}}^r$ для различных возрастных групп населения рекомендуется принимать в соответствии с положениями нормативных актов Российской Федерации, в которых они установлены, а в случае отсутствия таких нормативных актов — в соответствии с рекомендациями международных организаций в области использования атомной энергии.

Для определения возрастной группы населения, являющейся критической по ингаляционному поступлению радионуклида r , рекомендуется использовать следующий алгоритм:

- 1) для каждой возрастной группы населения оценить значение произведения $U_{IH}^r \cdot \varepsilon_{\text{инг}}^r$;
- 2) выполнить сравнение между собой полученных значений и принять в качестве критической ту возрастную группу населения, для которой упомянутое выше значение произведения является максимальным.

12. Расчет функции перехода $\Psi_{r,i}^{\text{пищ}}$ для всех радионуклидов, за исключением ^3H и ^{14}C , рекомендуется проводить по формуле:

$$\Psi_{r,i}^{\text{пищ}}(x, n) = \sum_f I_{r,f} \cdot \varepsilon_{\text{пищ}}^r \cdot \alpha_f \cdot \left[K_1^{r,f} \cdot (F_{r,i,n}(x) + 0,2 \cdot W_{r,i,n}(x)) + K_2^{r,f} \cdot (F_{r,i,n}(x) + W_{r,i,n}(x)) \right] \quad (5)$$

где:

$I_{r,f}$ — годовое потребление продукта f лицом из возрастной группы, которая является критической по пероральному поступлению радионуклида r с пищевыми продуктами (рекомендуется выделить три группы продуктов — «молоко», «мясо», «овощи»), значение которого рекомендуется определять на основе данных местных натурных исследований, кг/год ;

$\varepsilon_{\text{пищ}}^r$ — коэффициент дозового преобразования при пероральном поступлении радионуклида r для возрастной группы, являющейся критической по пероральному поступлению радионуклида r , Зв/Бк;

$K_1^{r,f}$ — коэффициент перехода «выпадение из атмосферы — поступление в продукт» радионуклида r в продукт питания f по воздушному пути, рассчитываемый для овощной, молочной и мясной пищевых цепочек, $\text{м}^2 \cdot \text{год/кг}$;

$K_2^{r,f}$ — коэффициент перехода «выпадение из атмосферы — поступление в продукт» радионуклида r в продукт питания f по корневому пути, рассчитываемый для овощной, молочной и мясной пищевых цепочек, м²·год/кг;

α_f — доля потребления продуктов местного сельскохозяйственного производства в общем потреблении продуктов (в случае отсутствия данных местных натурных исследований рекомендуется консервативно принимать равной 1; в случае отсутствия потребления населением сельскохозяйственной продукции, произведенной в районе влияния организации, осуществляющей выбросы, при условии, что это подтверждено официальными статистическими данными, данный параметр рекомендуется принимать равным 0);

$F_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника выброса в n -ом румбе, м⁻²;

$W_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор влажного выведения радионуклида r из облака на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника выброса в n -ом румбе, м⁻².

Значения коэффициентов $\varepsilon_{\text{пищ}}^r$ для различных возрастных групп населения рекомендуется принимать в соответствии с положениями нормативных актов Российской Федерации, в которых они установлены, а в случае отсутствия таких нормативных актов — в соответствии с рекомендациями международных организаций в области использования атомной энергии.

Для определения возрастной группы населения, являющейся критической по пероральному поступлению радионуклида r с продуктом питания f , рекомендуется использовать следующий алгоритм:

1) для каждой возрастной группы населения оценить значение суммы произведений $\sum_f I_{r,f} \cdot \varepsilon_{\text{пищ}}^r$;

2) выполнить сравнение между собой полученных значений и принять в качестве критической ту возрастную группу населения, для которой упомянутое выше значение является максимальным.

13. Коэффициенты перехода для овощной цепочки для радионуклидов, отличных от ²³⁴U, ²³⁵U и ²³⁸U, рекомендуется рассчитывать по формулам:

$$K_1^{r,\text{овощи}} = \frac{1}{365} \cdot \alpha_2 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_r + \lambda_w) \cdot t_e}}{\lambda_r + \lambda_w} \cdot e^{-\lambda_r \cdot t_h} \quad (6)$$

$$K_2^{r,\text{овощи}} = \frac{1}{365} \cdot Fv_r \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_r + \lambda_{s,r}) \cdot t_b}}{\rho \cdot (\lambda_r + \lambda_{s,r})} \cdot e^{-\lambda_r \cdot t_h} \quad (7)$$

где:

α_2 — фактор удержания для овощей, потребляемых в пищу человеком, рекомендуется принимать равным 0,3 м²/кг (сырого веса);

t_e — период времени (в течение вегетационного периода), в течение которого происходит улавливание радиоактивных выпадений поверхностью растений (в случае отсутствия данных местных натурных исследований рекомендуется принимать равным 30 сут);

λ_r — постоянная распада радионуклида r , сут⁻¹;

λ_w — постоянная, характеризующая процессы снижения содержания радионуклидов на поверхности растений за счет всех процессов, за исключением радиоактивного распада (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равной $0,05 \text{ сут}^{-1}$);

$\lambda_{s,r}$ — постоянная, характеризующая процессы снижения содержания радионуклидов в корневом слое почвы за счет всех процессов, за исключением радиоактивного распада (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равной $0,00014 \text{ сут}^{-1}$ для изотопов цезия и стронция и равной нулю для остальных радионуклидов);

Fv_r — коэффициент перехода радионуклида r из корневого слоя почвы в съедобную часть растения, кг (сухой почвы)/кг (сырой массы растения);

t_b — параметр, равный $1,1 \cdot 10^4$ суток (30 лет);

ρ — поверхностная плотность корневого слоя почвы (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать в соответствии с таблицей № 3 приложения № 2 настоящего Руководства по безопасности), $\text{кг}/\text{м}^2$;

t_h — время между сбором урожая и потреблением овощного продукта (в случае отсутствия фактических данных рекомендуется принимать равным 90 сут).

14. Для изотопов ^{234}U , ^{235}U и ^{238}U , присутствующих в выбросе, рекомендуется коэффициенты перехода по овощной цепочке рассчитывать по формулам:

$$K_1^{r,\text{овощи}} = \frac{1}{365} \cdot \alpha_2 \cdot \frac{1 - e^{-(\lambda_r + \lambda_w) \cdot t_e}}{\lambda_r + \lambda_w} \quad (8)$$

$$K_2^{r,\text{овощи}} = \frac{1}{365} \cdot Fv_r \cdot \frac{1 - e^{-\lambda_r \cdot t_b}}{\lambda_r \cdot \rho} \quad (9)$$

15. Коэффициенты перехода по молочной и мясной цепочкам рекомендуется рассчитывать по формулам:

$$K_1^{r,\text{молоко}} = K_{\text{корм},r}^1 \cdot F_{\text{молоко},r}^m \cdot Q_{\text{молоко}}^m \cdot e^{-\lambda_r \cdot t_m} \quad (10)$$

$$K_2^{r,\text{молоко}} = K_{\text{корм},r}^2 \cdot F_{\text{молоко},r}^m \cdot Q_{\text{молоко}}^m \cdot e^{-\lambda_r \cdot t_m} \quad (11)$$

$$K_1^{r,\text{мясо}} = K_{\text{корм},r}^1 \cdot F_{\text{мясо},r}^f \cdot Q_{\text{мясо}}^f \cdot e^{-\lambda_r \cdot t_f} \quad (12)$$

$$K_2^{r,\text{мясо}} = K_{\text{корм},r}^2 \cdot F_{\text{мясо},r}^f \cdot Q_{\text{мясо}}^f \cdot e^{-\lambda_r \cdot t_f} \quad (13)$$

где:

λ_r — постоянная распада, сут^{-1} ;

$Q_{\text{молоко}}^m$ — суточная масса корма, потребляемая молочным скотом (в случае отсутствия фактических данных рекомендуется принимать равной 16 кг (сухого вещества)/сут);

$Q_{\text{мясо}}^f$ — суточная масса корма, потребляемая мясным скотом (в случае отсутствия фактических данных рекомендуется принимать равной 12 кг (сухого вещества)/сут);

$F_{\text{молоко},r}^m$ — относительная доля активности радионуклида r , которая попадает в литр молока от суточного потребления корма скотом, сут/л;

$F_{\text{мясо},r}^f$ — относительная доля активности радионуклида r , которая попадает в килограмм мяса от суточного потребления корма скотом, сут/кг;

t_m — время между надоем молока и его потреблением (в случае отсутствия фактических данных рекомендуется принимать равным 1 сут);

t_f — время между забоем скота и потреблением мяса (в случае отсутствия фактических данных рекомендуется принимать равным 20 сут);

$K_{\text{корм},r}^1$ — коэффициент перехода «выпадение из атмосферы — поступление в корм» радионуклида r по воздушному пути, м²·год/кг;

$K_{\text{корм},r}^2$ — коэффициент перехода «выпадение из атмосферы — поступление в корм» радионуклида r по корневому пути, м²·год/кг.

16. Величины $K_{\text{корм},r}^1$ и $K_{\text{корм},r}^2$ рекомендуется рассчитывать по формулам:

$$K_{\text{корм},r}^1 = K_{\text{корм},r}^{1,1} \cdot f_p + K_{\text{корм},r}^{1,2} \cdot (1 - f_p) \quad (14)$$

$$K_{\text{корм},r}^2 = K_{\text{корм},r}^{2,1} \cdot f_p + K_{\text{корм},r}^{2,2} \cdot (1 - f_p) \quad (15)$$

где:

коэффициент $K_{\text{корм},r}^{1,1}$ рассчитывается аналогично коэффициенту $K_1^{r,\text{ОВОЩИ}}$ со следующими параметрами: $t_h = 0$, $t_e = 30$ сут, с использованием параметра α_1 , равного 3 м²/кг (сухого веса), вместо α_2 ;

коэффициент $K_{\text{корм},r}^{1,2}$ рассчитывается аналогично коэффициенту $K_1^{r,\text{ОВОЩИ}}$ со следующими параметрами: $t_h = 90$ сут; $t_e = 30$ сут; с использованием параметра α_1 , равного 3 м²/кг (сухого веса), вместо α_2 ;

коэффициент $K_{\text{корм},r}^{2,1}$ рассчитывается аналогично коэффициенту $K_2^{r,\text{ОВОЩИ}}$ со следующими параметрами: $t_h = 0$; с использованием $Fv1_r$ вместо Fv_r ;

коэффициент $K_{\text{корм},r}^{2,2}$ рассчитывается аналогично коэффициенту $K_2^{r,\text{ОВОЩИ}}$ со следующими параметрами: $t_h = 90$ сут; с использованием $Fv1_r$ вместо Fv_r ;

f_p — доля года, в течение которой скот питается подножным кормом (в случае отсутствия данных местных натурных исследований рекомендуется принимать равной 0,7).

Рекомендуемые значения Fv_r , $Fv1_r$, $F_{\text{молоко},r}^m$, $F_{\text{мясо},r}^f$ приведены в таблице № 4 приложения № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

17. При отсутствии достоверно известных данных о годовом потреблении пищевых продуктов питания лицами из различных возрастных групп для определения возрастной группы, являющейся на основе рекомендаций пункта 12 настоящего Руководства по безопасности критической по пероральному поступлению радионуклида r , рекомендуется оценивать потребление с помощью соотношения:

$$I_{r,f} = \frac{E_g}{E_{g=6}} \cdot I_{f,g=6} \quad (16)$$

где:

g — возрастная группа (данная переменная принимает следующие значения: 2 — дети в возрасте 1–2 лет; 3 — дети в возрасте 2–7 лет; 4 — дети в возрасте 7–12 лет; 5 — дети в возрасте 12–17 лет; 6 — взрослые (старше 17 лет));

E_g — суточные энергетические затраты для возрастной группы g , ккал/сут;

$E_{g=6}$ — суточные энергетические затраты для возрастной группы «взрослые», ккал/сут.

$I_{f,g=6}$ — годовое потребление продукта f лицом из возрастной группы «взрослые» по данным местных натуральных исследований, кг/год.

В случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется годовые потребления продуктов лицом из возрастной группы «взрослые» принимать в соответствии с Рекомендациями по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания, утвержденными приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 г. № 614. Значения суточных энергетических затрат для различных возрастных групп рекомендуется принимать согласно таблице № 5 приложения № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

18. Внутри санитарно-защитной зоны (далее — СЗЗ) рекомендуется принимать равной нулю $\Psi_{r,i}^{\text{пищ}}$ в случае, если пищевые продукты и корма для скота в СЗЗ не производятся и если выпас скота на территории СЗЗ не осуществляется.

19. При отсутствии достоверно известных данных о долях потребления продуктов местного сельскохозяйственного производства α_f в общем потреблении продуктов функцию перехода, связывающую активность выброса ^3H из i -го источника с годовой эффективной дозой облучения населения за счет поступления трития ингаляционно, перорально и через кожные покровы, рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$\Psi_{3\text{H},i}(x,n) = \begin{cases} \frac{1}{3,15 \cdot 10^7} \cdot \frac{\overline{G}_{i,n}^{3\text{H}}(x)}{H} \cdot g_{3\text{H}}, & \text{если } i \text{ — организованный источник выбросов} \\ \frac{1}{3,15 \cdot 10^7} \cdot \frac{\overline{G}_{i,n}(x)}{H} \cdot g_{3\text{H}}, & \text{если } i \text{ — неорганизованный площадной источник выбросов} \end{cases} \quad (17)$$

где:

$g_{3\text{H}}$ — дозовый коэффициент для трития, значение которого рекомендуется принимать равным $2,6 \cdot 10^{-8}$ (Зв·л)/(Бк·год)*;

H — абсолютная влажность воздуха, значение которой в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равной $6 \cdot 10^{-3}$ л/м³;

$\overline{G}_{i,n}^{3\text{H}}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы для трития, выбрасываемого из i -го организованного источника, с/м³ (для расчета фактора разбавления рекомендуется использовать формулу (1) или (2) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности);

$\overline{G}_{i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы на расстоянии x от i -го неорганизованного площадного источника в n -ом румбе, с/м³ (для расчета фактора разбавления рекомендуется использовать формулу (6) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности).

* Значение дозового коэффициента для ^3H принято в соответствии с Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment / Safety Reports. — Series № 19. — Vienna: IAEA, 2000.

При наличии достоверно известных данных о долях потребления продуктов местного сельскохозяйственного производства α_f в общем потреблении продуктов для расчета функции перехода, связывающей активность выброса ^3H из i -го источника с годовой эффективной дозой

облучения населения, рекомендуется использовать соотношения, учитывающие доли потребления α_f .

20. При отсутствии достоверно известных данных о долях потребления продуктов местного сельскохозяйственного производства α_f в общем потреблении продуктов функцию перехода, связывающую активность выброса ^{14}C из i -го источника с годовой эффективной дозой облучения населения за счет воздействия углерода, поступающего в организм человека пероральным путем, рекомендуется определять следующим образом:

$$\Psi_{14C,i}(x,n) = \begin{cases} \frac{1}{3,15 \cdot 10^7} \cdot \frac{\overline{G}_{i,n}^{14C}(x)}{\gamma} \cdot g^{14C}, & \text{если } i - \text{ организованный источник выбросов} \\ \frac{1}{3,15 \cdot 10^7} \cdot \frac{\overline{G}_{i,n}(x)}{\gamma} \cdot g^{14C}, & \text{если } i - \text{ неорганизованный площадной источник выбросов} \end{cases} \quad (18)$$

где:

g^{14C} — дозовый коэффициент для углерода, (Зв·г)/(Бк·год), значение которого рекомендуется принимать равным $5,6 \cdot 10^{-5}$ (Зв·г)/(Бк·год)*;

γ — параметр, который рекомендуется принять равным $1,8 \cdot 10^{-1}$ г/м³;

$\overline{G}_{i,n}^{14C}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления для углерода, выбрасываемого из i -го организованного источника, с/м³ (для расчета фактора разбавления рекомендуется использовать формулу (1) или (2) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности);

$\overline{G}_{i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы на расстоянии X от i -го неорганизованного площадного источника в n -ом румбе, с/м³ (для расчета фактора разбавления рекомендуется использовать формулу (6) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности).

* Значение дозового коэффициента для ^{14}C принято в соответствии с Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment / Safety Reports. — Series № 19. — Vienna: IAEA, 2000.

При наличии достоверно известных данных о долях потребления продуктов местного сельскохозяйственного производства α_f в общем потреблении продуктов для расчета функции перехода, связывающей активность выброса ^{14}C из i -го источника с годовой эффективной дозой облучения населения, рекомендуется использовать соотношения, учитывающие доли потребления α_f .

21. При расчете функции перехода для ^3H в форме пара НТО и ^{14}C в формах, отличных от аэрозольной, фактор истощения шлейфа выброса за счет радиоактивного распада, сухого осаждения и вымывания атмосферными осадками, используемый в формулах (1), (2) и (5) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности, рекомендуется принять равным единице.

III. Рекомендации по определению источников выбросов и радионуклидов, для которых должны быть установлены нормативы, при разработке нормативов предельно допустимых выбросов

22. Определение источников выбросов и радионуклидов, для которых в соответствии с пунктом 7 Методики должны быть установлены нормативы, рекомендуется выполнять на основе рекомендаций настоящего раздела.

23. Для определения необходимости установления нормативов для конкретного источника выбросов рекомендуется выполнить оценку обусловленной им годовой эффективной дозы облучения населения без учета рассеивания. В случае если рассчитанное значение превышает установленное в пункте 7 Методики значение 10 мкЗв/год, для данного источника должны быть установлены нормативы предельно допустимых выбросов.

24. Годовую эффективную дозу облучения населения без учета рассеивания, создаваемую i -м источником выброса, рекомендуется оценивать с помощью следующего соотношения:

$$D_i^{\text{б.р.}} = \sum_r D_{r,i}^{\text{б.р.}}, \quad (19)$$

где:

i — индекс источника выбросов;

r — индекс радионуклида;

$D_{r,i}^{\text{б.р.}}$ — годовая эффективная доза без учета рассеивания, создаваемая r -м радионуклидом, выбрасываемым в атмосферный воздух из i -го источника, Зв/год.

25. Значение годовой эффективной дозы без учета рассеивания, создаваемой r -м радионуклидом, выбрасываемым в атмосферный воздух из i -го источника, для всех радионуклидов, за исключением ^3H и ^{14}C , рекомендуется определять с помощью следующего соотношения:

$$D_{r,i}^{\text{б.р.}} = D_{r,i}^{\text{б.р.,обл.}} + D_{r,i}^{\text{б.р.,пов.}} + D_{r,i}^{\text{б.р.,инг.}} + D_{r,i}^{\text{б.р.,пищ.}} \quad (20)$$

где:

$D_{r,i}^{\text{б.р.,обл.}}$ — годовая эффективная доза внешнего облучения без учета рассеивания от облака, создаваемая r -м радионуклидом, выбрасываемым в атмосферу из i -го источника, Зв/год;

$D_{r,i}^{\text{б.р.,пов.}}$ — годовая эффективная доза внешнего облучения без учета рассеивания за счет радиоактивного загрязнения поверхности земли, создаваемая r -м радионуклидом, выбрасываемым в атмосферу из i -го источника, Зв/год;

$D_{r,i}^{\text{б.р.,инг.}}$ — годовая эффективная доза внутреннего облучения без учета рассеивания за счет ингаляции радионуклидов, создаваемая r -м радионуклидом, выбрасываемым в атмосферу из i -го источника, Зв/год;

$D_{r,i}^{\text{б.р.,пищ.}}$ – годовая эффективная доза внутреннего облучения без учета рассеивания за счет потребления загрязненных радионуклидами пищевых продуктов местного сельскохозяйственного производства, создаваемая r -м радионуклидом, выбрасываемым в атмосферу из i -го источника, Зв/год.

26. Для расчета годовых эффективных доз без учета рассеивания $D_{r,i}^{\text{б.р.,обл.}}$, $D_{r,i}^{\text{б.р.,пов.}}$, $D_{r,i}^{\text{б.р.,инг.}}$, $D_{r,i}^{\text{б.р.,пищ.}}$, создаваемых выбросами i -го организованного источника, рекомендуется использовать соотношения (21)–(24):

$$D_{r,i}^{\text{б.р.,обл.}} = 3,15 \cdot 10^7 \cdot \frac{Q_{r,i}}{W_i} \cdot R_{\text{обл}}^r \quad (21)$$

$$D_{r,i}^{\text{б.р.,пов.}} = 3,15 \cdot 10^7 \cdot V_d^r \cdot \frac{Q_{r,i}}{W_i} \cdot \frac{R_r^{\text{пов}}}{\lambda^r + \lambda_b} \quad (22)$$

$$D_{r,i}^{\text{б.р.,инг.}} = 3,15 \cdot 10^7 \cdot \frac{Q_{r,i}}{W_i} \cdot \varepsilon_{\text{инг}}^r \cdot U_{\text{IH}}^r \quad (23)$$

$$D_{r,i}^{\text{б.р.,пищ.}} = 3,15 \cdot 10^7 \cdot \sum_f \alpha_f \cdot I_{r,f} \cdot \varepsilon_{\text{пищ}}^r \cdot V_d^r \cdot \frac{Q_{r,i}}{W_i} \cdot (K_1^{r,f} + K_2^{r,f}), \quad (24)$$

где:

$Q_{r,i}$ — годовой выброс r -го радионуклида из i -го источника, Бк/год;

W_i — среднегодовой расход воздуха из i -го источника, м³/год;

$R_{\text{обл}}^r$ — коэффициент дозового преобразования при внешнем облучении человека от облака для радионуклида r , (Зв·м³)/(с·Бк);

$R_{\text{пов}}^r$ — коэффициент дозового преобразования при внешнем облучении человека от радиоактивно загрязненной поверхности без учета глубинного распределения для радионуклида r , (Зв·м²)/(с·Бк);

V_d^r — скорость сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности), м/с;

λ^r — постоянная радиоактивного распада радионуклида r , с⁻¹;

λ_b — постоянная спада мощности дозы γ -излучения от загрязненной поверхности земли за счет экранирования верхними слоями почвы, диффузии вглубь и выведения радионуклидов из нее за счет различных процессов, кроме радиоактивного распада, с⁻¹ (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равной $1,27 \cdot 10^{-9}$ с⁻¹);

U_{IH}^r — интенсивность вдыхания для лиц возрастной группы, которая является критической по поступлению радионуклида r за счет ингаляции, м³/с;

$\varepsilon_{\text{инг}}^r$ — коэффициент дозового преобразования при ингаляции радионуклида r , Зв/Бк;

$I_{r,f}$ — годовое потребление продукта f лицом из возрастной группы, которая является критической по пероральному поступлению радионуклида r с пищевыми продуктами, кг/год;

α_f — доля потребления продуктов местного сельскохозяйственного производства в общем потреблении продуктов (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется консервативно принимать равной единице; в случае отсутствия потребления населением сельскохозяйственной продукции, произведенной в районе влияния организации,

осуществляющей выбросы, при условии, что это подтверждено официальными статистическими данными, данный параметр рекомендуется принимать равным нулю);

$\varepsilon_{\text{пищ}}^r$ — коэффициент дозового преобразования при пероральном поступлении радионуклида r , Зв/Бк;

$K_1^{r,f}$ — коэффициент перехода «выпадение из атмосферы — поступление в продукт» радионуклида r в продукт питания f по воздушному пути, м²·год/кг;

$K_2^{r,f}$ — коэффициент перехода «выпадение из атмосферы — поступление в продукт» радионуклида r в продукт питания f по корневому пути, м²·год/кг;

$3,15 \cdot 10^7$ — число секунд в одном году.

27. Значение годовой эффективной дозы без учета рассеивания, создаваемой радионуклидом ³H, выбрасываемым в атмосферный воздух из i -го организованного источника, рекомендуется рассчитывать с помощью соотношения:

$$D_{3H,i}^{\text{б.р.}} = \frac{Q_{3H,i}}{W_i \cdot H} \cdot g_{3H} \quad (25)$$

где:

$Q_{3H,i}$ — годовой выброс ³H из i -го источника, Бк/год;

W_i — среднегодовой расход воздуха из i -го источника, м³/год;

g_{3H} — дозовый коэффициент для трития, значение которого рекомендуется принимать равным $2,6 \cdot 10^{-8}$ (Зв·л)/(Бк·год);

H — абсолютная влажность воздуха, значение которой в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равным $6 \cdot 10^{-3}$ л/м³.

28. Значение годовой эффективной дозы без учета рассеивания, создаваемой радионуклидом ¹⁴C, выбрасываемым в атмосферный воздух из i -го организованного источника, рекомендуется рассчитывать с помощью соотношения:

$$D_{14C,i}^{\text{б.р.}} = \frac{Q_{14C,i}}{W_i \cdot \gamma} \cdot g_{14C} \quad (26)$$

где:

$Q_{14C,i}$ — годовой выброс ¹⁴C из i -го источника, Бк/год;

W_i — среднегодовой расход воздуха из i -го источника, м³/год;

γ — параметр, который рекомендуется принять равным $1,8 \cdot 10^{-1}$ г/м³;

g_{14C} — дозовый коэффициент для углерода, значение которого рекомендуется принимать равным $5,6 \cdot 10^{-5}$ (Зв·г)/(Бк·год).

29. Значение фактического годового выброса r -го радионуклида из i -го организованного источника для проведения расчетов с помощью соотношений (21)–(26) рекомендуется определять с использованием рекомендаций руководства по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации по методам и средствам контроля за выбросами радиоактивных

веществ в атмосферный воздух» (РБ-135-17), утвержденного приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 августа 2017 г. № 347.

30. Для неорганизованных площадных источников расчет годовой эффективной дозы без учета рассеивания рекомендуется выполнять с помощью соотношений, аналогичных соотношениям (21)–(26), с использованием параметра $Av_{r,i}^{\text{б.р.}}$, Бк/м³, характеризующего максимальную на множестве рассматриваемых румбов приземную активность r -го радионуклида в воздухе на краю площадного источника, вместо отношения $Q_{r,i}/W_i$.

Величину приземной активности r -го радионуклида в воздухе на краю площадного источника рекомендуется определять путем произведения интенсивности выброса данного радионуклида, выраженной в Бк/с, на величину фактора разбавления на краю площадного источника, рассчитанную с помощью соотношения (6) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности.

31. Для определения перечня радионуклидов в выбросах i -го источника, для которых в соответствии с пунктом 7 Методики должны быть установлены нормативы, рекомендуется использовать следующий алгоритм:

1) для каждого радионуклида, входящего в состав выброса из данного источника и включенного в Перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 июля 2015 г. № 1316-р (далее — Перечень), определить вклад в годовую эффективную дозу, используя следующее соотношение:

$$\eta_i = \frac{D_{r,i}^{\text{б.р.}}}{\sum_r D_{r,i}^{\text{б.р.}}}, \quad (27)$$

где $D_{r,i}^{\text{б.р.}}$ — годовая эффективная доза без учета рассеивания, создаваемая r -м радионуклидом, выбрасываемым в атмосферный воздух из i -го источника, Зв/год;

2) произвести суммирование отношений доз в порядке убывания их значений до достижения суммой значения, большего или равного 0,99;

3) определить перечень радионуклидов, для которых должны быть установлены нормативы, по количеству отношений, вошедших в перечень тех, сумма которых больше или равна 0,99.

В случае если в выбросах из i -го источника присутствуют радионуклиды, не включенные в Перечень, при определении перечня радионуклидов в выбросах данного источника, для которых в соответствии с пунктом 7 Методики должны быть установлены нормативы, рекомендуется рассмотренный выше алгоритм распространить и на такие радионуклиды. При этом, в случае если реализация такого алгоритма приводит к тому, что ряд радионуклидов, входящих в Перечень, не входит в перечень тех, сумма вкладов которых в годовую эффективную дозу больше или равна 0,99, рекомендуется предусмотреть расчет нормативов предельно допустимых выбросов (далее — ПДВ) и для таких радионуклидов.

IV. Рекомендации по применению рассчитанных параметров для расчета нормативов предельно допустимых выбросов

32. Так как согласно пункту 7 Методики нормативы ПДВ устанавливаются исходя из непревышения выделенной организации части предела эффективной дозы (или пределов каждой из эквивалентных доз), рекомендуется их рассчитывать с использованием следующего соотношения:

$$\text{ПДВ}^{r,i} = \min(\text{ПДВ}_{eff}^{r,i}, \text{ПДВ}_{eq,кожа}^{r,i}, \text{ПДВ}_{eq,хрусталик}^{r,i}, \text{ПДВ}_{eq,кисти}^{r,i}, \text{ПДВ}_{eq,стопы}^{r,i}) \quad (28)$$

где:

$\text{ПДВ}_{eff}^{r,i}$ — нормативы ПДВ, рассчитанные исходя из непревышения части предела годовой эффективной дозы;

$\text{ПДВ}_{eq,кожа}^{r,i}$ — нормативы ПДВ, рассчитанные исходя из непревышения части предела годовой эквивалентной дозы в коже;

$\text{ПДВ}_{eq,хрусталик}^{r,i}$ — нормативы ПДВ, рассчитанные исходя из непревышения части предела годовой эквивалентной дозы в хрусталике глаза;

$\text{ПДВ}_{eq,кисти}^{r,i}$ — нормативы ПДВ, рассчитанные исходя из непревышения части предела годовой эквивалентной дозы в кистях;

$\text{ПДВ}_{eq,стопы}^{r,i}$ — нормативы ПДВ, рассчитанные исходя из непревышения части предела годовой эквивалентной дозы в стопах.

33. Для расчета величин $\text{ПДВ}_{eff}^{r,i}$ и $\text{ПДВ}_{eq,k}^{r,i}$ рекомендуется использовать соотношения, приведенные в пунктах 34–37 настоящего Руководства по безопасности.

34. Величины $\text{ПДВ}_{eff}^{r,i}$ и $\text{ПДВ}_{eq,k}^{r,i}$ рекомендуется рассчитывать с помощью соотношений:

$$\text{ПДВ}_{eff}^{r,i} = \frac{\xi_{r,i} \cdot \delta}{\sum_r \xi_r \cdot \Psi_{r,i}(x^{max}, y^{max})} \quad (29)$$

$$\text{ПДВ}_{eq,k}^{r,i} = \frac{\xi_{r,i} \cdot \delta_k}{\sum_r \xi_{r,i} \cdot \Psi_{r,i}^{eq,k}(x_k^{max}, y_k^{max})} \quad (30)$$

где:

$\xi_{r,i}$ — относительный вклад каждого радионуклида r в общую активность его выброса из i -го источника, который рекомендуется рассчитывать по формуле (31):

$$\xi_r = \frac{Q_r}{\sum_r Q_r} \quad (31)$$

δ — часть предела эффективной дозы для населения, Зв/год;

k — индекс органа или ткани, принимающий значения: 1 — для кожи, 2 — для хрусталика глаза, 3 — для кистей, 4 — для стоп;

δ_k — часть предела эквивалентной дозы в хрусталике глаза, коже, кистях и стопах соответственно, Зв/год, рассчитываемая (в случае если она не установлена органами, осуществляющими санитарно-эпидемиологический надзор) по формуле (32):

$$\delta_k = \delta \cdot \frac{\text{ПД}_k}{\text{ПД}} \quad (32)$$

где:

ПД — предел годовой эффективной дозы для населения, Зв/год;

ПД_k — предел годовой эквивалентной дозы в k -ом органе или ткани для населения, Зв/год;

x^{\max} и y^{\max} — декартовы координаты точки максимума годовой эффективной дозы, м;

x_k^{\max} и y_k^{\max} — декартовы координаты точек максимума эквивалентной дозы в хрусталике глаза, коже, кистях и стопах, м;

$\Psi_{r,i}(x, y)$, $\Psi_{r,i}^{eq,k}(x, y)$ — функции перехода, связывающие активность выброса с годовой эффективной дозой облучения населения или эквивалентной дозой в k -ом органе или ткани, зависящие от декартовых координат и определенные соотношениями:

$$\Psi_{r,i}(x, y) = A((x, n) \rightarrow (x, y))\Psi_{r,i}(x, n) \quad (33)$$

$$\Psi_{r,i}^{eq,k}(x, y) = A((x, n) \rightarrow (x, y))\Psi_{r,i}^{eq,k}(x, n) \quad (34)$$

где:

$A((x, n) \rightarrow (x, y))$ — оператор преобразования набора координат «расстояние от источника, направление» (x, n) в набор декартовых координат (x, y) ;

$\Psi_{r,i}(x, n)$ — функция перехода, связывающая активность выбросов и создаваемую ими величину годовой эффективной дозы облучения населения, выраженная в полярных координатах, рекомендуемые методы расчета которой представлены в разделе II настоящего Руководства по безопасности, Зв/Бк;

$\Psi_{r,i}^{eq,k}(x, n)$ — функция перехода, связывающая активность выбросов и создаваемую ими величину годовой эквивалентной дозы облучения населения в k -ом органе или ткани, выраженная в полярных координатах, Зв/Бк.

35. Функционал $\Psi_{r,i}^{eq,k}(x, n)$ рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$\Psi_{r,i}^{eq,k}(x, n) = \begin{cases} R_{\text{обл}}^{r,k} \cdot \bar{G}_{i,n}^r(x) + (F_{r,i,n}(x) + W_{r,i,n}(x)) \cdot \frac{R_{\text{пов}}^{r,k}}{\lambda^r + \lambda_b}, & \text{если } i - \text{ организованный источник выбросов} \\ R_{\text{обл}}^{r,k} \cdot \bar{G}_{i,n}^r(x) + (F_{r,i,n}(x) + W_{r,i,n}(x)) \cdot \frac{R_{\text{пов}}^{r,k}}{\lambda^r + \lambda_b}, & \text{если } i - \text{ неорганизованный площадной источник выбросов} \end{cases} \quad (35)$$

где:

$R_{\text{обл}}^{r,k}$ — дозовый коэффициент, предназначенный для пересчета единичной концентрации радионуклида r в приземном слое воздуха в мощность эквивалентной дозы в k -ом органе или ткани, Зв·м³/(Бк·с);

$R_{\text{пов}}^{r,k}$ — дозовый коэффициент, предназначенный для пересчета единичной поверхностной концентрации радионуклида r на поверхности земли в мощность эквивалентной дозы в k -ом органе или ткани, Зв·м²/(Бк·с);

$\overline{G}_{i,n}^r(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы для радионуклида r на расстоянии x от i -го организованного источника в n -ом румбе, с/м³;

$\overline{G}_{i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления в приземном слое атмосферы на расстоянии x от i -го неорганизованного площадного источника в n -ом румбе, с/м³;

$F_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника в n -ом румбе, м⁻²;

$W_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор влажного выведения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника в n -ом румбе, м⁻²;

λ^r — постоянная радиоактивного распада радионуклида r , с⁻¹;

λ_b — постоянная спада мощности дозы со временем от загрязненного слоя почвы за счет всех процессов, кроме радиоактивного распада, приводящих к выведению активности из этого слоя, с⁻¹ (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равной $1,27 \cdot 10^{-9}$ с⁻¹).

Рекомендуемые значения $R_{\text{обл}}^{r,k}$ и $R_{\text{пов}}^{r,k}$ для кожи приведены в таблице № 6 приложения № 2 к настоящему Руководству по безопасности.

Значения дозовых коэффициентов для хрусталика глаза рекомендуется консервативно принять равными 0,3 от значений соответствующих дозовых коэффициентов для кожи. Значения дозовых коэффициентов для кистей и стоп рекомендуется принимать равными значениям коэффициентов для кожи.

36. Для случая множественных удаленных друг от друга на значительные расстояния и отличающихся по своим характеристикам источников расчет нормативов ПДВ рекомендуется использовать следующие соотношения:

$$\text{ПДВ}_{\text{eff}}^{r,i} = Q_{r,i} \cdot \frac{\delta}{H_{\text{eff}}^{\text{max}}} \quad (36)$$

где:

$Q_{r,i}$ — величина годового выброса r -го радионуклида из i -го источника выброса, Бк/год;

δ — часть предела эффективной дозы для населения, Зв/год;

$H_{\text{eff}}^{\text{max}}$ — максимальное значение годовой эффективной дозы, создаваемой всеми выбросами организации, Зв/год, определяемое следующим соотношением:

$$H_{\text{eff}}^{\text{max}} = \max_{x,y} \sum_{r,i} Q_{r,i} \cdot \Psi_{r,i}(x,y) \quad (37)$$

где:

(x, y) — координаты узла выбранной расчетной пространственной сетки в декартовой системе координат;

$\Psi_{r,i}(x, y)$ — функция перехода, рассчитываемая с использованием соотношения (33) настоящего Руководства по безопасности;

$\max_{x,y}$ — символ, характеризующий максимальное значение расчетных значений функции перехода $\Psi_{r,i}(x, y)$ по всем узлам с координатами (x, y) расчетной пространственной сетки.

37. Величины ПДВ^{r,i}_{eq,k} рекомендуется оценивать с помощью соотношений, аналогичных (36) и (37), с использованием значений δ_k вместо δ , $H_{eq,k}^{max}$ вместо H_{eff}^{max} и $\Psi_{r,i}^{eq,k}(x, y)$ вместо $\Psi_{r,i}(x, y)$.

38. Проверку выполнения условия обеспечения сохранения благоприятных условий жизнедеятельности человека и устойчивого функционирования естественных экологических систем, природных и природно-антропогенных объектов, а также сохранения биологического видового разнообразия, требуемую положениями пункта 7 Методики, в части, касающейся соблюдения требований по ограничению содержания радионуклидов в поверхностном слое почвы, рекомендуется выполнять с помощью соотношения:

$$\sum_i \sum_r \frac{\text{ПДВ}^{r,i} \cdot (F_{r,i,n}(x) + W_{r,i,n}(x))}{\text{УАНИ}^r \cdot (\lambda^r + \lambda_b) \cdot \rho} \leq 1 \quad (38)$$

где:

$\text{ПДВ}^{r,i}$ — значение предельно допустимого выброса r -го радионуклида из i -го источника, Бк/год;

УАНИ^r — параметр, рекомендуемые значения которого для различных радионуклидов приведены в таблицах № 7 и 8 приложения № 2 к настоящему Руководству по безопасности, Бк/кг;

$F_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника выброса в n -ом румбе, м⁻²;

$W_{r,i,n}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор влажного выведения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го источника выброса в n -ом румбе, м⁻²;

λ^r — постоянная радиоактивного распада радионуклида r , год⁻¹;

λ_b — постоянная спада мощности дозы со временем от загрязненного слоя почвы за счет всех процессов, кроме радиоактивного распада, приводящих к выведению активности из этого слоя, год⁻¹ (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать равной 0,04 год⁻¹);

ρ — поверхностная плотность корневого слоя почвы, кг/м² (в случае отсутствия данных местных натуральных исследований рекомендуется принимать в соответствии с таблицей № 3 приложения № 2 настоящего Руководства по безопасности).

В случае, если при проверке соблюдения требований по ограничению содержания радионуклидов в поверхностном слое почвы условие, указанное в соотношении (38), не выполняется, величины ПДВ^{r,i} уменьшаются до значений, при которых данное условие начнет выполняться.

39. Пример расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов, приведен в приложении № 4 к настоящему Руководству по безопасности.

Приложение № 1

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 августа 2021 г. № 288.

Рекомендуемые методы расчета фактора разбавления, факторов сухого осаждения и влажного выведения

1. Среднегодовой метеорологический фактор разбавления радионуклида r в приземном слое воздуха на расстоянии x от i -го организованного источника выбросов в n -ом румбе рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$\begin{aligned} & \overline{G_{i,n}^r}(x) \\ &= (1 - K_{b,i}) \cdot \frac{2 \cdot N}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}} \cdot x} \\ & \cdot \sum_j \sum_k \frac{\omega_{n,j,k} \cdot \Phi_{j,k}^r(x)}{\sigma_{z,j}(x) \cdot U_{j,k}} \cdot \exp\left(-\frac{(h_{s,i} + \Delta h_{i,j,k}(x))^2}{2 \cdot \sigma_{z,j}^2(x)}\right) \\ & + K_{b,i} \cdot \frac{2 \cdot N}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}}} \cdot \sum_j \sum_k \frac{\omega_{n,j,k} \cdot \Phi_{j,k}^r(x)}{\sigma_{z,j}(x + x_{\theta}^{i,j,k}) \cdot U_{j,k} \cdot (x + x_{\theta}^{i,j,k})} \cdot \exp\left(-\frac{h_{s,i}^2}{2 \cdot \sigma_{z,j}^2(x + x_{\theta}^{i,j,k})}\right), \quad (1) \end{aligned}$$

где:

j — номер градации категории устойчивости атмосферы, определяемый согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности;

k — номер градации модуля скорости ветра на высоте флюгера (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

n — номер румба;

N — число румбов;

x — расстояние от источника выбросов, м;

$U_{j,k}$ — модуль скорости ветра на высоте выброса h_s при скорости ветра на высоте флюгера из градации k для j -й категории устойчивости атмосферы, м/с (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$\sigma_{z,j}(x)$ — дисперсия струи по вертикали на расстоянии x от источника выбросов для j -й категории устойчивости атмосферы (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$\omega_{n,j,k}$ — повторяемость метеорологических условий, представляющая собой вероятность совместной реализации направления ветра в румбе n при категории устойчивости j и градации скорости ветра k ;

$h_{s,i}$ — геометрическая высота i -го организованного источника, из которого осуществляется выброс, м;

$\Delta h_{i,j,k}(x)$ — высота подъема струи над устьем i -го организованного источника выбросов при скорости ветра на высоте флюгера из градации k для j -й категории устойчивости атмосферы за счет динамических и термических факторов, м (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$\Phi_{j,k}^r(x)$ — фактор истощения струи за счет радиоактивного распада радионуклида r , сухого осаждения и влажного выведения из атмосферы на подстилающую поверхность (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$K_{b,i}$ — доля выбросов, попадающая в зону аэродинамической тени за зданием при низком выбросе, для высоких источников принимаемая равной нулю (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$x_B^{i,j,k}$ — величина «виртуального» сдвига характеристик рассеяния доли выброса из i -го организованного источника, попадающей в зону аэродинамической тени, м (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности).

2. В случае, если отсутствуют данные о совместной реализации направления ветра в румбе n при категории устойчивости j и градации скорости ветра k , фактор разбавления для i -го организованного источника рекомендуется рассчитывать следующим образом:

$$\begin{aligned} & \overline{G_{i,n}^r}(x) \\ &= \max_j \left[\left(1 - K_{b,i} \right) \cdot \frac{2 \cdot N \cdot \omega_n}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}} \cdot x} \cdot \frac{\Phi_j^r(x)}{\sigma_{z,j}(x) \cdot \overline{U}_j} \cdot \exp \left(- \frac{(h_{s,i} + \Delta h_{i,j}(x))^2}{2 \cdot \sigma_{z,j}^2(x)} \right) \right] \\ &+ \left[K_{b,i} \cdot \frac{2 \cdot N \cdot \omega_n}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}}} \cdot \frac{\Phi_j^r(x)}{\sigma_{z,j}(x + x_B^{i,j}) \cdot \overline{U}_j \cdot (x + x_B^{i,j})} \cdot \exp \left(- \frac{h_{s,i}^2}{2 \cdot \sigma_{z,j}^2(x + x_B^{i,j})} \right) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

где:

j — номер категории устойчивости атмосферы;

n — номер румба;

N — число румбов;

x — расстояние от источника выбросов, м;

ω_n — повторяемость направлений ветра;

\overline{U}_j — среднегодовая скорость ветра на высоте выброса, м/с;

$\sigma_{z,j}(x)$ — дисперсия струи по вертикали на расстоянии x от источника выбросов для j -й категории устойчивости атмосферы (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$h_{s,i}$ — геометрическая высота i -го организованного источника, из которого осуществляется выброс, м;

$\Delta h_{i,j}(x)$ — высота подъема струи над устьем i -го организованного источника выбросов при скорости ветра на высоте флюгера для j -й категории устойчивости атмосферы за счет

динамических и термических факторов, m (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$\Phi_j^r(x)$ — фактор истощения струи за счет радиоактивного распада радионуклида r , сухого осаждения и влажного выведения из атмосферы на подстилающую поверхность (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$K_{b,i}$ — доля выбросов, попадающая в зону аэродинамической тени за зданием при низком выбросе, для высоких источников принимаемая равной нулю (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$x_b^{i,j}$ — величина «виртуального» сдвига, m (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности).

3. Среднегодовой метеорологический фактор сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го организованного источника выбросов в n -ом румбе рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$F_{r,i,n}(x) = V_d^r \cdot \overline{G_{i,n}^r}(x) \quad (3)$$

где:

V_d^r — скорость сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности), m/c ;

$\overline{G_{i,n}^r}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления для i -го организованного источника выбросов, c/m^3 .

4. Среднегодовой метеорологический фактор влажного выведения радионуклида r из облака на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го организованного источника выбросов в n -ом румбе рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$W_{r,i,n}(x) = \Lambda^r \cdot G_{r,i,n}^z(x) \quad (4)$$

где:

Λ^r — постоянная вымывания радионуклида r из атмосферы осадками, усредненная за год с учетом типа и продолжительности осадков в течение года, c^{-1} (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$G_{r,i,n}^z(x)$ — интеграл по вертикальной координате z от зависящего от высоты над поверхностью земли среднегодового фактора разбавления, который для i -го организованного источника выбросов рекомендуется определять по следующей формуле:

$$G_{r,i,n}^z(x) = \frac{N}{2 \cdot \pi \cdot x} \cdot \sum_j \sum_k \frac{\omega_{n,j,k}}{U_{j,k}} \cdot \Phi_{j,k}^r(x), \quad (5)$$

где:

j — номер градации категории устойчивости атмосферы, (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

k — номер градации модуля скорости ветра на высоте флюгера (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

n — номер румба;

N — число румбов;

x — расстояние от источника выбросов, м;

$U_{j,k}$ — модуль скорости ветра на высоте выброса $h_{s,j}$ при скорости ветра на высоте флюгера из градации k для j -й категории устойчивости атмосферы, м/с (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$\sigma_{z,j}(x)$ — дисперсия струи по вертикали на расстоянии x от источника выбросов для j -й категории устойчивости атмосферы (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$\omega_{n,j,k}$ — повторяемость метеорологических условий, представляющая собой вероятность совместной реализации направления ветра в румбе n при категории устойчивости j и градации скорости ветра k (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

$\Phi_{j,k}^r(x)$ — фактор истощения струи за счет радиоактивного распада радионуклида r , сухого осаждения и влажного выведения из атмосферы на подстилающую поверхность (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности).

5. Среднегодовой метеорологический фактор разбавления на расстоянии x от i -го неорганизованного площадного источника выброса в n -ом румбе, $с/м^3$, рекомендуется определять следующим образом:

$$\bar{G}_{i,n}(x) = \begin{cases} \sum_j \sum_k \int_{-a}^a \frac{\omega_{n,j,k}}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma_{z,j}(x - \zeta) \cdot U_k \cdot S} \cdot P(x - \zeta) d\zeta & \text{при } a \leq x \leq 5,093 \cdot a \\ \sum_j \sum_k \frac{16 \cdot a}{\pi \cdot x} \cdot \int_{-a}^a \frac{2 \cdot \omega_{n,j,k}}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot \sigma_{z,j}(x - \zeta) \cdot U_k \cdot S} \cdot P(x - \zeta) d\zeta & \text{при } x > 5,093 \cdot a \end{cases} \quad (6)$$

где:

S — площадь поверхности площадного источника, $м^2$;

a — половина длины стороны площадного источника, м;

U_k — скорость ветра на высоте флюгера, м/с;

x — расстояние от центра площадного источника вдоль направления ветра, м;

$\sigma_{z,j}(x)$ — дисперсия струи по вертикали на расстоянии x от источника выбросов для j -й категории устойчивости атмосферы (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

ζ — переменная интегрирования, м;

$P_j(x)$ — функция, определяемая следующим соотношением:

$$P_j(x) = \sum_{l=-2}^2 \left(\exp \left[-\frac{(2 \cdot l \cdot H - Z)^2}{2 \cdot \sigma_{z,j}(x)^2} \right] + \exp \left[-\frac{(2 \cdot l \cdot H + Z)^2}{2 \cdot \sigma_{z,j}(x)^2} \right] \right) \quad (7)$$

где:

H — высота слоя перемешивания, м, значение которой рекомендуется принять равной $1,25 \cdot \sigma_{z,j}^{max}$, где $\sigma_{z,j}^{max}$ — параметр, рекомендуемые значения которого для различных категорий

устойчивости атмосферы j приведены в приложении № 3 к настоящему Руководству по безопасности;

Z — высота над поверхностью земли, значение которой рекомендуется принять равной 1 м;

l — переменная суммирования.

6. Среднегодовой метеорологический фактор влажного выведения радионуклида r из облака на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го неорганизованного площадного источника выброса в n -ом румбе рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$W_{r,i,n}(x) = \sum_k \sum_j \frac{\Lambda^r \cdot \omega_{n,j,k}}{U_k \cdot \max\left(2 \cdot \arctg \frac{\pi \cdot x}{16}, \sigma_{y,j}(x)\right)}, \quad (8)$$

где:

Λ^r — постоянная вымывания примеси из атмосферы осадками, усредненная за год с учетом типа и продолжительности осадков в течение года, с^{-1} (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

U_k — скорость ветра на высоте флюгера, м/с;

$\omega_{n,j,k}$ — повторяемость метеорологических условий, представляющая собой вероятность совместной реализации направления ветра в румбе n при категории устойчивости j и градации скорости ветра k ;

x — расстояние от источника выбросов, м;

$\sigma_{y,j}(x)$ — дисперсия струи в горизонтальном направлении на расстоянии x от источника выбросов для j -й категории устойчивости атмосферы (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности);

j — номер градации категории устойчивости атмосферы, определяемый согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности;

k — номер градации модуля скорости ветра на высоте флюгера, определяемый согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности;

n — номер румба.

7. Среднегодовой метеорологический фактор сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность на расстоянии x от i -го неорганизованного площадного источника выброса в n -ом румбе рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$F_{r,i,n}(x) = V_d^r \cdot \overline{G_{i,n}}(x) \quad (9)$$

где:

V_d^r — скорость сухого осаждения радионуклида r на подстилающую поверхность (определяется согласно рекомендациям приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности), м/с;

$\overline{G_{i,n}}(x)$ — среднегодовой метеорологический фактор разбавления для i -го неорганизованного площадного источника, значение которого рекомендуется рассчитывать с помощью соотношения (6) данного приложения к настоящему Руководству по безопасности, $\text{с}/\text{м}^3$.

8. Рекомендации по учету начального разбавления выброса и учет влияния зданий при выбросах из низких источников приведены в приложении № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

Приложение № 2

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 августа 2021 г. № 288.

Рекомендуемые значения параметров, используемых при расчете доз облучения человека

Для расчета функций перехода рекомендуется использовать данные из таблиц № 1–6 настоящего приложения.

Таблица № 1. Рекомендуемые значения дозовых коэффициентов $R_{обл}^r$ и $R_{пов}^r$ *

Радионуклид	$R_{обл}^r, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$R_{пов}^r, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
^{225}Ac	$8,06 \cdot 10^{-16}$	$1,09 \cdot 10^{-17}$
^{227}Ac	$8,16 \cdot 10^{-18}$	$9,54 \cdot 10^{-20}$
^{228}Ac	$5,26 \cdot 10^{-14}$	$7,37 \cdot 10^{-16}$
^{110}Ag	$7,11 \cdot 10^{-15}$	$2,23 \cdot 10^{-16}$
^{110m}Ag	$1,64 \cdot 10^{-13}$	$2,22 \cdot 10^{-15}$
^{241}Am	$1,01 \cdot 10^{-15}$	$1,55 \cdot 10^{-17}$
^{243}Am	$2,70 \cdot 10^{-15}$	$4,08 \cdot 10^{-17}$
^{41}Ar	$7,85 \cdot 10^{-14}$	—**
^{217}At	$1,43 \cdot 10^{-17}$	$1,97 \cdot 10^{-19}$
^{218}At	$4,83 \cdot 10^{-18}$	$1,83 \cdot 10^{-19}$
^{198}Au	$2,47 \cdot 10^{-14}$	$3,68 \cdot 10^{-16}$
^{140}Ba	$1,14 \cdot 10^{-14}$	$1,78 \cdot 10^{-16}$
^{210}Bi	$1,26 \cdot 10^{-15}$	$5,09 \cdot 10^{-17}$
^{211}Bi	$2,78 \cdot 10^{-15}$	$3,88 \cdot 10^{-17}$
^{212}Bi	$8,10 \cdot 10^{-15}$	$1,64 \cdot 10^{-16}$
^{213}Bi	$8,96 \cdot 10^{-15}$	$1,58 \cdot 10^{-16}$
^{214}Bi	$9,14 \cdot 10^{-14}$	$1,25 \cdot 10^{-15}$

Радионуклид	$Rr_{\text{обл}}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$Rr_{\text{пов}}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
⁴⁵ Ca	$1,16 \cdot 10^{-16}$	$1,68 \cdot 10^{-18}$
⁴⁷ Ca	$6,42 \cdot 10^{-14}$	$8,59 \cdot 10^{-16}$
¹⁴¹ Ce	$4,66 \cdot 10^{-15}$	$6,22 \cdot 10^{-17}$
¹⁴⁴ Ce	$1,17 \cdot 10^{-15}$	$1,59 \cdot 10^{-17}$
³⁶ Cl	$7,88 \cdot 10^{-16}$	$2,10 \cdot 10^{-17}$
²⁴² Cm	$1,11 \cdot 10^{-17}$	$7,55 \cdot 10^{-20}$
²⁴³ Cm	$7,51 \cdot 10^{-15}$	$1,00 \cdot 10^{-16}$
²⁴⁴ Cm	$1,04 \cdot 10^{-17}$	$7,55 \cdot 10^{-20}$
⁵⁷ Co	$7,16 \cdot 10^{-15}$	$9,34 \cdot 10^{-17}$
⁵⁸ Co	$5,78 \cdot 10^{-14}$	$7,95 \cdot 10^{-16}$
⁶⁰ Co	$1,50 \cdot 10^{-13}$	$1,95 \cdot 10^{-15}$
⁵¹ Cr	$1,89 \cdot 10^{-15}$	$2,60 \cdot 10^{-15}$
¹³⁴ Cs	$9,25 \cdot 10^{-14}$	$1,28 \cdot 10^{-15}$
¹³⁵ Cs	$1,47 \cdot 10^{-16}$	$2,09 \cdot 10^{-18}$
¹³⁷ Cs/ ^{137m} Ba	$3,52 \cdot 10^{-14}$	$5,01 \cdot 10^{-16}$
¹³⁸ Cs	$1,48 \cdot 10^{-13}$	$2,01 \cdot 10^{-15}$
¹⁶⁹ Er	$1,80 \cdot 10^{-16}$	$2,51 \cdot 10^{-18}$
¹⁵² Eu	$6,96 \cdot 10^{-14}$	$9,34 \cdot 10^{-16}$
¹⁵⁴ Eu	$7,49 \cdot 10^{-14}$	$1,01 \cdot 10^{-15}$
¹⁵⁵ Eu	$3,27 \cdot 10^{-15}$	$4,60 \cdot 10^{-17}$
⁵⁹ Fe	$7,13 \cdot 10^{-14}$	$9,34 \cdot 10^{-16}$
²²¹ Fr	$1,72 \cdot 10^{-15}$	$2,33 \cdot 10^{-17}$
²²³ Fr	$3,86 \cdot 10^{-15}$	$8,11 \cdot 10^{-17}$
⁶⁷ Ga	$9,11 \cdot 10^{-15}$	$1,24 \cdot 10^{-16}$
¹⁹⁷ Hg	$3,35 \cdot 10^{-15}$	$5,10 \cdot 10^{-17}$
¹²³ I	$9,20 \cdot 10^{-15}$	$1,23 \cdot 10^{-16}$

Радионуклид	$Rr_{\text{обл}}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$Rr_{\text{пов}}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
^{129}I	$6,18 \cdot 10^{-16}$	$1,08 \cdot 10^{-17}$
^{131}I	$2,31 \cdot 10^{-14}$	$3,23 \cdot 10^{-16}$
^{132}I	$1,36 \cdot 10^{-13}$	$1,91 \cdot 10^{-15}$
^{133}I	$3,76 \cdot 10^{-14}$	$5,63 \cdot 10^{-16}$
^{134}I	$1,57 \cdot 10^{-13}$	$2,17 \cdot 10^{-15}$
^{135}I	$9,61 \cdot 10^{-14}$	$1,27 \cdot 10^{-15}$
^{111}In	$2,32 \cdot 10^{-14}$	$3,11 \cdot 10^{-16}$
^{192}Ir	$4,87 \cdot 10^{-14}$	$6,81 \cdot 10^{-16}$
^{42}K	$2,37 \cdot 10^{-14}$	$4,44 \cdot 10^{-16}$
^{85}Kr	$8,28 \cdot 10^{-16}$	—**
$^{85\text{m}}\text{Kr}$	$9,94 \cdot 10^{-15}$	—**
^{87}Kr	$5,43 \cdot 10^{-14}$	—**
^{88}Kr	$1,20 \cdot 10^{-13}$	—**
^{140}La	$1,41 \cdot 10^{-13}$	$1,86 \cdot 10^{-15}$
^{54}Mn	$4,96 \cdot 10^{-14}$	$6,77 \cdot 10^{-16}$
^{99}Mo	$1,00 \cdot 10^{-14}$	$1,73 \cdot 10^{-16}$
^{22}Na	$1,31 \cdot 10^{-13}$	$1,77 \cdot 10^{-15}$
^{24}Na	$2,54 \cdot 10^{-13}$	$3,02 \cdot 10^{-15}$
^{95}Nb	$4,54 \cdot 10^{-14}$	$6,25 \cdot 10^{-16}$
^{237}Np	$1,29 \cdot 10^{-15}$	$1,79 \cdot 10^{-17}$
^{239}Np	$1,06 \cdot 10^{-14}$	$1,42 \cdot 10^{-16}$
^{32}P	$2,64 \cdot 10^{-15}$	$1,18 \cdot 10^{-16}$
^{231}Pa	$2,02 \cdot 10^{-15}$	$2,75 \cdot 10^{-17}$
^{233}Pa	$1,28 \cdot 10^{-14}$	$1,75 \cdot 10^{-16}$
^{234}Pa	$8,71 \cdot 10^{-14}$	$1,18 \cdot 10^{-15}$
$^{234\text{m}}\text{Pa}$	$4,25 \cdot 10^{-15}$	$1,50 \cdot 10^{-16}$

Радионуклид	$Rr_{\text{обл}}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$Rr_{\text{пов}}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
²⁰⁹ Pb	$5,04 \cdot 10^{-16}$	$9,64 \cdot 10^{-18}$
²¹⁰ Pb	$8,57 \cdot 10^{-17}$	$1,25 \cdot 10^{-18}$
²¹¹ Pb	$5,35 \cdot 10^{-15}$	$1,19 \cdot 10^{-16}$
²¹² Pb	$8,52 \cdot 10^{-15}$	$1,17 \cdot 10^{-16}$
²¹⁴ Pb	$1,54 \cdot 10^{-14}$	$2,19 \cdot 10^{-16}$
¹⁴⁷ Pm	$8,02 \cdot 10^{-17}$	$1,20 \cdot 10^{-18}$
²¹⁰ Po	$5,77 \cdot 10^{-19}$	$7,92 \cdot 10^{-21}$
²¹¹ Po	$4,85 \cdot 10^{-16}$	$6,68 \cdot 10^{-18}$
²¹⁴ Po	$4,93 \cdot 10^{-18}$	$6,76 \cdot 10^{-20}$
²¹⁵ Po	$1,04 \cdot 10^{-17}$	$1,47 \cdot 10^{-19}$
²¹⁶ Po	$9,09 \cdot 10^{-19}$	$1,25 \cdot 10^{-20}$
²¹⁸ Po	$2,06 \cdot 10^{-20}$	$3,01 \cdot 10^{-22}$
¹⁴⁴ Pr	$7,21 \cdot 10^{-15}$	$2,23 \cdot 10^{-16}$
^{144m} Pr	$4,26 \cdot 10^{-16}$	$6,96 \cdot 10^{-18}$
²³⁸ Pu	$1,00 \cdot 10^{-17}$	$5,85 \cdot 10^{-20}$
²³⁹ Pu	$7,55 \cdot 10^{-18}$	$7,12 \cdot 10^{-20}$
²⁴⁰ Pu	$9,65 \cdot 10^{-18}$	$5,82 \cdot 10^{-20}$
²⁴¹ Pu	$1,57 \cdot 10^{-19}$	$2,35 \cdot 10^{-21}$
²²³ Ra	$7,94 \cdot 10^{-15}$	$1,09 \cdot 10^{-16}$
²²⁴ Ra	$6,15 \cdot 10^{-16}$	$8,32 \cdot 10^{-18}$
²²⁵ Ra	$5,64 \cdot 10^{-16}$	$8,91 \cdot 10^{-18}$
²²⁶ Ra	$4,31 \cdot 10^{-16}$	$5,76 \cdot 10^{-18}$
⁸⁷ Rb	$2,15 \cdot 10^{-16}$	$2,98 \cdot 10^{-18}$
⁸⁸ Rb	$5,06 \cdot 10^{-14}$	$7,94 \cdot 10^{-16}$
⁸⁹ Rb	$1,40 \cdot 10^{-13}$	$1,85 \cdot 10^{-15}$
^{103m} Rh	$1,44 \cdot 10^{-17}$	$1,39 \cdot 10^{-19}$

Радионуклид	$Rr_{\text{обл}}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$Rr_{\text{пов}}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
^{106}Rh	$1,89 \cdot 10^{-14}$	$4,00 \cdot 10^{-16}$
^{218}Rn	$4,48 \cdot 10^{-17}$	$6,29 \cdot 10^{-19}$
^{219}Rn	$3,46 \cdot 10^{-15}$	$4,79 \cdot 10^{-17}$
^{220}Rn	$3,71 \cdot 10^{-17}$	$5,25 \cdot 10^{-19}$
^{222}Rn	$2,30 \cdot 10^{-17}$	$3,25 \cdot 10^{-19}$
^{103}Ru	$2,94 \cdot 10^{-14}$	$4,16 \cdot 10^{-16}$
^{106}Ru	$1,25 \cdot 10^{-18}$	$2,16 \cdot 10^{-20}$
^{35}S	$4,99 \cdot 10^{-17}$	$7,87 \cdot 10^{-19}$
^{122}Sb	$2,84 \cdot 10^{-14}$	$4,58 \cdot 10^{-16}$
^{124}Sb	$1,12 \cdot 10^{-13}$	$1,50 \cdot 10^{-15}$
^{125}Sb	$2,54 \cdot 10^{-14}$	$3,58 \cdot 10^{-16}$
^{47}Sc	$6,80 \cdot 10^{-15}$	$8,96 \cdot 10^{-17}$
^{75}Se	$2,28 \cdot 10^{-14}$	$3,08 \cdot 10^{-16}$
^{89}Sr	$2,14 \cdot 10^{-15}$	$9,53 \cdot 10^{-17}$
^{90}Sr	$4,93 \cdot 10^{-16}$	$7,96 \cdot 10^{-18}$
^{99}Tc	$1,80 \cdot 10^{-16}$	$2,52 \cdot 10^{-18}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$7,41 \cdot 10^{-15}$	$9,66 \cdot 10^{-17}$
^{123}Te	$5,73 \cdot 10^{-19}$	$9,41 \cdot 10^{-21}$
$^{123\text{m}}\text{Te}$	$8,15 \cdot 10^{-15}$	$1,07 \cdot 10^{-16}$
$^{125\text{m}}\text{Te}$	$6,91 \cdot 10^{-16}$	$1,16 \cdot 10^{-17}$
^{227}Th	$7,19 \cdot 10^{-15}$	$9,82 \cdot 10^{-17}$
^{228}Th	$1,20 \cdot 10^{-16}$	$1,59 \cdot 10^{-18}$
^{229}Th	$4,78 \cdot 10^{-15}$	$6,50 \cdot 10^{-17}$
^{230}Th	$2,43 \cdot 10^{-17}$	$3,01 \cdot 10^{-19}$
^{231}Th	$8,09 \cdot 10^{-16}$	$1,10 \cdot 10^{-17}$
^{232}Th	$1,40 \cdot 10^{-17}$	$1,59 \cdot 10^{-19}$

Радионуклид	$Rr_{\text{обл}}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$Rr_{\text{пов}}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
^{234}Th	$5,16 \cdot 10^{-16}$	$7,36 \cdot 10^{-18}$
^{201}Tl	$4,55 \cdot 10^{-15}$	$6,67 \cdot 10^{-17}$
^{206}Tl	$1,93 \cdot 10^{-15}$	$8,51 \cdot 10^{-17}$
^{207}Tl	$1,87 \cdot 10^{-15}$	$7,73 \cdot 10^{-17}$
^{208}Tl	$2,07 \cdot 10^{-13}$	$2,51 \cdot 10^{-15}$
^{209}Tl	$1,31 \cdot 10^{-13}$	$1,77 \cdot 10^{-15}$
^{232}U	$2,03 \cdot 10^{-17}$	$2,05 \cdot 10^{-19}$
^{233}U	$1,75 \cdot 10^{-17}$	$2,03 \cdot 10^{-19}$
^{234}U	$1,34 \cdot 10^{-17}$	$1,15 \cdot 10^{-19}$
^{235}U	$9,57 \cdot 10^{-15}$	$1,27 \cdot 10^{-16}$
^{236}U	$9,60 \cdot 10^{-18}$	$6,79 \cdot 10^{-20}$
^{237}U	$7,65 \cdot 10^{-15}$	$1,04 \cdot 10^{-16}$
^{238}U	$7,88 \cdot 10^{-18}$	$5,70 \cdot 10^{-20}$
^{127}Xe	$1,56 \cdot 10^{-14}$	—**
$^{131\text{m}}\text{Xe}$	$5,95 \cdot 10^{-16}$	—**
^{133}Xe	$2,18 \cdot 10^{-15}$	—**
$^{133\text{m}}\text{Xe}$	$1,85 \cdot 10^{-15}$	—**
^{135}Xe	$1,56 \cdot 10^{-14}$	—**
$^{135\text{m}}\text{Xe}$	$2,50 \cdot 10^{-14}$	—**
^{138}Xe	$7,03 \cdot 10^{-14}$	—**
^{90}Y	$3,91 \cdot 10^{-15}$	$1,58 \cdot 10^{-16}$
^{65}Zn	$3,46 \cdot 10^{-14}$	$4,57 \cdot 10^{-16}$
^{95}Zr	$4,36 \cdot 10^{-14}$	$6,03 \cdot 10^{-16}$

* Значения коэффициентов приняты в соответствии с EPA 402-R-19-002 Federal Guidance Report No. 15. External Exposure to Radionuclides in Air, Water and Soil. — U.S. Environmental Protection Agency, 2019.

** Данный путь облучения не учитывается для радионуклидов группы инертных радиоактивных газов (далее — ИРГ).

Таблица № 2. Рекомендуемые значения интенсивностей вдыхания для различных возрастных групп населения, м³/с

Возрастная группа, г	2	3	4	5	6
Возраст	1–2 года	2–7 лет	7–12 лет	12–17 лет	>17
U^r , м ³ /с	$6,032 \cdot 10^{-5}$	$1,016 \cdot 10^{-4}$	$1,651 \cdot 10^{-4}$	$2,317 \cdot 10^{-4}$	$2,571 \cdot 10^{-4}$

Таблица № 3. Рекомендуемые значения поверхностной плотности корневого слоя почвы ρ^* , кг/м²

Вид использования почвы	Тип почвы	
	Торфянистые почвы	Неторфянистые виды почв
Выращивание сельскохозяйственных культур	100	260
Выпас сельскохозяйственных животных	50	130

* Значения коэффициентов приняты в соответствии с Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment / Safety Reports. — Series No. 19.—Vienna: IAEA, 2000.

Таблица № 4. Рекомендуемые значения параметров Fv_r , $Fv1_r$, $F^m_{\text{молоко, г}}$, $F^f_{\text{мясо, г}}$ *

Элемент	Fv_r	$F^m_{\text{молоко, г, сут/л}}$	$F^f_{\text{мясо, г, сут/кг}}$	$Fv1_r$
Ac	0,001	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	0,1
Ag	0,01	$1 \cdot 10^{-4}$	0,006	0,1
Am	0,002	$2 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,1
At	0,2	0,01	0,01	0,9
Au	0,1	$1 \cdot 10^{-5}$	0,005	0,4
Ba	0,05	0,005	0,002	0,1
Bi	0,1	0,001	0,002	0,5
Ce	0,05	$3 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	0,1
Cm	0,001	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	0,1
Co	0,08	0,01	0,07	2
Cr	0,001	$2 \cdot 10^{-4}$	0,09	0,1
Cs	0,3	0,01	0,05	20
Eu	0,002	$6 \cdot 10^{-5}$	0,002	0,1

Элемент	Fv_r	$F^m_{\text{молоко, г, сут/л}}$	$F^f_{\text{мясо, г, сут/кг}}$	$Fv1_r$
Fe	0,001	$3 \cdot 10^{-4}$	0,05	0,1
Ga	0,003	$1 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-4}$	0,1
Hg	0,3	$5 \cdot 10^{-4}$	0,01	3
I	0,02	0,01	0,05	0,1
In	0,003	$2 \cdot 10^{-4}$	0,004	0,1
Mn	0,3	$3 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	10
Mo	0,2	0,005	0,01	1
Na	0,05	0,25	0,8	0,6
Nb	0,01	$4 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	0,2
Ni	0,3	0,2	0,05	1
Np	0,04	$5 \cdot 10^{-5}$	0,01	0,5
P	1	0,02	0,05	10
Pa	0,01	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	0,1
Pb	0,02	$3 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$	0,1
Pm	0,002	$6 \cdot 10^{-5}$	0,002	0,1
Po	0,002	0,003	0,005	0,1
Pu	0,001	$3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-4}$	0,1
Ra	0,04	0,001	0,005	0,4
Rb	0,2	0,1	0,03	2
Rh	0,2	$5 \cdot 10^{-4}$	0,002	2
Ru	0,05	$3 \cdot 10^{-5}$	0,05	0,2
S	0,6	0,02	0,2	6
Sb	0,001	$2,5 \cdot 10^{-4}$	0,005	0,1
Se	0,1	0,001	0,1	1
Sr	0,3	0,003	0,01	10
Tc	5	0,001	0,001	80
Te	1	0,005	0,07	10

Элемент	Fv_r	$F^m_{\text{молоко, г, сут/л}}$	$F^f_{\text{мясо, г, сут/кг}}$	$Fv1_r$
Th	0,001	$5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-4}$	0,1
Tl	2	0,003	0,02	2
U	0,01	$6 \cdot 10^{-4}$	0,003	0,2
Y	0,003	$6 \cdot 10^{-5}$	0,01	0,1
Zn	2	0,01	0,2	2
Zr	0,001	$6 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-5}$	0,1

* Значения коэффициентов приняты в соответствии с Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment / Safety Reports. — Series No. 19. — Vienna: IAEA, 2000.

Таблица № 5. Рекомендуемые значения суточных энергетических затрат для лиц из различных возрастных групп, ккал/сут

Возрастная группа (г)	2	3	4	5	6
Возраст	1–2 года	2–7 лет	7–12 лет	12–17 лет	>17
Энергетические затраты, ккал/сут	1 400	2 000	2 600	3 100	2 900

Таблица № 6. Рекомендуемые значения дозовых коэффициентов $R_{\text{obl}}^{r, \text{кожа}}$ и $R_{\text{пов}}^{r, \text{кожа}}$ *

Радионуклид	$R_{\text{obl}}^{r, \text{кожа}}, \frac{ЗВ \times \text{м}^3}{\text{с} \times \text{Бк}}$	$R_{\text{пов}}^{r, \text{кожа}}, \frac{ЗВ \times \text{м}^2}{\text{с} \times \text{Бк}}$
^{225}Ac	$9,40 \cdot 10^{-16}$	$3,08 \cdot 10^{-17}$
^{227}Ac	$1,10 \cdot 10^{-17}$	$7,43 \cdot 10^{-19}$
^{228}Ac	$7,88 \cdot 10^{-14}$	$4,75 \cdot 10^{-15}$
^{110}Ag	$8,22 \cdot 10^{-14}$	$1,27 \cdot 10^{-14}$
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	$1,57 \cdot 10^{-13}$	$3,22 \cdot 10^{-15}$
^{241}Am	$1,28 \cdot 10^{-15}$	$8,32 \cdot 10^{-17}$
^{243}Am	$2,75 \cdot 10^{-15}$	$7,60 \cdot 10^{-17}$
^{41}Ar	$1,01 \cdot 10^{-13}$	—**
^{217}At	$1,86 \cdot 10^{-17}$	$4,11 \cdot 10^{-19}$
^{218}At	$2,12 \cdot 10^{-16}$	$2,32 \cdot 10^{-17}$
^{198}Au	$4,08 \cdot 10^{-14}$	$2,53 \cdot 10^{-15}$

Радионуклид	$R_{обл}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$R_{пов}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
¹⁴⁰ Ba	$2,52 \cdot 10^{-14}$	$1,95 \cdot 10^{-15}$
²¹⁰ Bi	$2,30 \cdot 10^{-14}$	$3,42 \cdot 10^{-15}$
²¹¹ Bi	$3,07 \cdot 10^{-15}$	$5,55 \cdot 10^{-17}$
²¹² Bi	$4,05 \cdot 10^{-14}$	$5,35 \cdot 10^{-15}$
²¹³ Bi	$3,39 \cdot 10^{-14}$	$4,23 \cdot 10^{-15}$
²¹⁴ Bi	$1,28 \cdot 10^{-13}$	$8,48 \cdot 10^{-15}$
⁴⁵ Ca	$1,46 \cdot 10^{-15}$	$1,61 \cdot 10^{-19}$
⁴⁷ Ca	$8,02 \cdot 10^{-14}$	$3,42 \cdot 10^{-15}$
¹⁴¹ Ce	$1,02 \cdot 10^{-14}$	$1,32 \cdot 10^{-16}$
¹⁴⁴ Ce	$2,93 \cdot 10^{-15}$	$2,61 \cdot 10^{-17}$
³⁶ Cl	$1,47 \cdot 10^{-14}$	$1,06 \cdot 10^{-15}$
²⁴² Cm	$4,29 \cdot 10^{-17}$	$9,38 \cdot 10^{-18}$
²⁴³ Cm	$9,79 \cdot 10^{-15}$	$1,90 \cdot 10^{-16}$
²⁴⁴ Cm	$3,91 \cdot 10^{-17}$	$8,70 \cdot 10^{-18}$
⁵⁷ Co	$6,63 \cdot 10^{-15}$	$1,38 \cdot 10^{-16}$
⁵⁸ Co	$5,58 \cdot 10^{-14}$	$1,14 \cdot 10^{-15}$
⁶⁰ Co	$1,45 \cdot 10^{-13}$	$2,76 \cdot 10^{-15}$
⁵¹ Cr	$1,75 \cdot 10^{-15}$	$3,68 \cdot 10^{-17}$
¹³⁴ Cs	$9,45 \cdot 10^{-14}$	$2,17 \cdot 10^{-15}$
¹³⁵ Cs	$9,06 \cdot 10^{-16}$	$1,27 \cdot 10^{-19}$
¹³⁷ Cs/ ^{137m} Ba	$3,73 \cdot 10^{-14}$	$1,65 \cdot 10^{-15}$
¹³⁸ Cs	$2,17 \cdot 10^{-13}$	$1,52 \cdot 10^{-14}$
¹⁶⁹ Er	$2,83 \cdot 10^{-15}$	$2,46 \cdot 10^{-19}$
¹⁵² Eu	$6,90 \cdot 10^{-14}$	$1,75 \cdot 10^{-15}$
¹⁵⁴ Eu	$8,29 \cdot 10^{-14}$	$2,91 \cdot 10^{-15}$
¹⁵⁵ Eu	$3,39 \cdot 10^{-15}$	$7,04 \cdot 10^{-17}$

Радионуклид	$R_{обл}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$R_{пов}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
⁵⁹ Fe	$7,13 \cdot 10^{-14}$	$1,34 \cdot 10^{-15}$
²²¹ Fr	$2,02 \cdot 10^{-15}$	$3,67 \cdot 10^{-17}$
²²³ Fr	$2,30 \cdot 10^{-14}$	$2,72 \cdot 10^{-15}$
⁶⁷ Ga	$8,50 \cdot 10^{-15}$	$1,74 \cdot 10^{-16}$
¹⁹⁷ Hg	$3,35 \cdot 10^{-15}$	$9,10 \cdot 10^{-17}$
¹²³ I	$9,40 \cdot 10^{-15}$	$2,33 \cdot 10^{-16}$
¹²⁹ I	$1,10 \cdot 10^{-15}$	$5,80 \cdot 10^{-17}$
¹³¹ I	$2,98 \cdot 10^{-14}$	$6,43 \cdot 10^{-16}$
¹³² I	$1,58 \cdot 10^{-13}$	$7,54 \cdot 10^{-15}$
¹³³ I	$5,83 \cdot 10^{-14}$	$4,55 \cdot 10^{-15}$
¹³⁴ I	$1,87 \cdot 10^{-13}$	$9,85 \cdot 10^{-15}$
¹³⁵ I	$1,11 \cdot 10^{-13}$	$4,83 \cdot 10^{-15}$
¹¹¹ In	$2,29 \cdot 10^{-14}$	$5,09 \cdot 10^{-16}$
¹⁹² Ir	$5,53 \cdot 10^{-14}$	$1,21 \cdot 10^{-15}$
⁴² K	$1,15 \cdot 10^{-13}$	$1,41 \cdot 10^{-14}$
⁸⁵ Kr	$1,32 \cdot 10^{-14}$	—**
^{85m} Kr	$2,24 \cdot 10^{-14}$	—**
⁸⁷ Kr	$1,37 \cdot 10^{-13}$	—**
⁸⁸ Kr	$1,35 \cdot 10^{-13}$	—**
¹⁴⁰ La	$1,66 \cdot 10^{-13}$	$8,24 \cdot 10^{-15}$
⁵⁴ Mn	$4,67 \cdot 10^{-14}$	$9,65 \cdot 10^{-16}$
⁹⁹ Mo	$3,14 \cdot 10^{-14}$	$3,76 \cdot 10^{-15}$
²² Na	$1,33 \cdot 10^{-13}$	$2,60 \cdot 10^{-15}$
²⁴ Na	$2,75 \cdot 10^{-13}$	$1,03 \cdot 10^{-14}$
⁹⁵ Nb	$4,30 \cdot 10^{-14}$	$9,05 \cdot 10^{-16}$
²³⁷ Np	$1,54 \cdot 10^{-15}$	$8,36 \cdot 10^{-17}$

Радионуклид	$R_{\text{обл}}^{r, \text{кожа}}, \frac{3V \times M^3}{c \times B_k}$	$R_{\text{пов}}^{r, \text{кожа}}, \frac{3V \times M^2}{c \times B_k}$
^{239}Np	$1,60 \cdot 10^{-14}$	$2,63 \cdot 10^{-16}$
^{32}P	$4,49 \cdot 10^{-14}$	$8,26 \cdot 10^{-15}$
^{231}Pa	$2,44 \cdot 10^{-15}$	$1,07 \cdot 10^{-16}$
^{233}Pa	$1,66 \cdot 10^{-14}$	$2,70 \cdot 10^{-16}$
^{234}Pa	$1,24 \cdot 10^{-13}$	$3,89 \cdot 10^{-15}$
^{234m}Pa	$5,48 \cdot 10^{-14}$	$9,39 \cdot 10^{-15}$
^{209}Pb	$9,35 \cdot 10^{-15}$	$2,94 \cdot 10^{-16}$
^{210}Pb	$1,28 \cdot 10^{-16}$	$1,98 \cdot 10^{-17}$
^{211}Pb	$3,06 \cdot 10^{-14}$	$4,64 \cdot 10^{-15}$
^{212}Pb	$1,35 \cdot 10^{-14}$	$1,88 \cdot 10^{-16}$
^{214}Pb	$2,77 \cdot 10^{-14}$	$9,10 \cdot 10^{-16}$
^{147}Pm	$8,11 \cdot 10^{-16}$	$1,20 \cdot 10^{-19}$
^{210}Po	$4,81 \cdot 10^{-19}$	$1,11 \cdot 10^{-20}$
^{211}Po	$4,47 \cdot 10^{-16}$	$1,12 \cdot 10^{-17}$
^{214}Po	$4,71 \cdot 10^{-18}$	$1,09 \cdot 10^{-19}$
^{215}Po	$1,01 \cdot 10^{-17}$	$2,15 \cdot 10^{-19}$
^{216}Po	$9,57 \cdot 10^{-19}$	$2,20 \cdot 10^{-20}$
^{218}Po	$7,56 \cdot 10^{-19}$	$1,17 \cdot 10^{-20}$
^{144}Pr	$8,43 \cdot 10^{-14}$	$1,27 \cdot 10^{-14}$
^{144m}Pr	$5,08 \cdot 10^{-16}$	$2,67 \cdot 10^{-17}$
^{238}Pu	$4,09 \cdot 10^{-17}$	$9,64 \cdot 10^{-18}$
^{239}Pu	$1,86 \cdot 10^{-17}$	$3,67 \cdot 10^{-18}$
^{240}Pu	$3,92 \cdot 10^{-17}$	$9,18 \cdot 10^{-18}$
^{241}Pu	$1,17 \cdot 10^{-19}$	$7,06 \cdot 10^{-21}$
^{223}Ra	$8,87 \cdot 10^{-15}$	$1,67 \cdot 10^{-16}$
^{224}Ra	$6,35 \cdot 10^{-16}$	$1,16 \cdot 10^{-17}$

Радионуклид	$R_{обл}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$R_{пов}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
²²⁵ Ra	$3,01 \cdot 10^{-15}$	$3,25 \cdot 10^{-17}$
²²⁶ Ra	$4,79 \cdot 10^{-16}$	$8,12 \cdot 10^{-18}$
⁸⁷ Rb	$3,15 \cdot 10^{-15}$	$2,73 \cdot 10^{-19}$
⁸⁸ Rb	$1,83 \cdot 10^{-13}$	$1,67 \cdot 10^{-14}$
⁸⁹ Rb	$1,87 \cdot 10^{-13}$	$1,21 \cdot 10^{-14}$
^{103m} Rh	$4,49 \cdot 10^{-17}$	$6,88 \cdot 10^{-18}$
¹⁰⁶ Rh	$1,09 \cdot 10^{-13}$	$1,42 \cdot 10^{-14}$
²¹⁸ Rn	$4,30 \cdot 10^{-17}$	$1,05 \cdot 10^{-18}$
²¹⁹ Rn	$3,38 \cdot 10^{-15}$	$6,64 \cdot 10^{-17}$
²²⁰ Rn	$2,20 \cdot 10^{-17}$	$5,21 \cdot 10^{-19}$
²²² Rn	$2,28 \cdot 10^{-17}$	$5,20 \cdot 10^{-19}$
¹⁰³ Ru	$2,77 \cdot 10^{-14}$	$6,16 \cdot 10^{-16}$
¹⁰⁶ Ru	$1,09 \cdot 10^{-13}$	$1,42 \cdot 10^{-14}$
³⁵ S	$2,92 \cdot 10^{-16}$	$7,54 \cdot 10^{-20}$
¹²² Sb	$6,03 \cdot 10^{-14}$	$6,72 \cdot 10^{-15}$
¹²⁴ Sb	$1,26 \cdot 10^{-13}$	$5,20 \cdot 10^{-15}$
¹²⁵ Sb	$2,65 \cdot 10^{-14}$	$5,97 \cdot 10^{-16}$
⁴⁷ Sc	$1,28 \cdot 10^{-14}$	$1,95 \cdot 10^{-16}$
⁷⁵ Se	$2,16 \cdot 10^{-14}$	$4,76 \cdot 10^{-16}$
⁸⁹ Sr	$3,69 \cdot 10^{-14}$	$6,66 \cdot 10^{-15}$
⁹⁰ Sr	$9,20 \cdot 10^{-15}$	$1,40 \cdot 10^{-16}$
⁹⁹ Tc	$2,74 \cdot 10^{-15}$	$2,43 \cdot 10^{-19}$
^{99m} Tc	$7,14 \cdot 10^{-15}$	$1,44 \cdot 10^{-16}$
¹²³ Te	$6,32 \cdot 10^{-16}$	$5,71 \cdot 10^{-17}$
^{123m} Te	$8,48 \cdot 10^{-15}$	$1,87 \cdot 10^{-16}$
^{125m} Te	$1,94 \cdot 10^{-15}$	$9,45 \cdot 10^{-17}$

Радионуклид	$R_{обл}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^3}{с \times Бк}$	$R_{пов}^{г,кожа}, \frac{ЗВ \times М^2}{с \times Бк}$
²²⁷ Th	$6,50 \cdot 10^{-15}$	$1,56 \cdot 10^{-16}$
²²⁸ Th	$1,50 \cdot 10^{-16}$	$9,74 \cdot 10^{-18}$
²²⁹ Th	$5,41 \cdot 10^{-15}$	$1,57 \cdot 10^{-16}$
²³⁰ Th	$4,51 \cdot 10^{-17}$	$7,17 \cdot 10^{-18}$
²³¹ Th	$2,52 \cdot 10^{-15}$	$8,58 \cdot 10^{-17}$
²³² Th	$3,44 \cdot 10^{-17}$	$6,86 \cdot 10^{-18}$
²³⁴ Th	$7,50 \cdot 10^{-16}$	$1,72 \cdot 10^{-17}$
²⁰¹ Tl	$4,89 \cdot 10^{-15}$	$1,15 \cdot 10^{-16}$
²⁰⁶ Tl	$3,36 \cdot 10^{-14}$	$5,89 \cdot 10^{-15}$
²⁰⁷ Tl	$3,06 \cdot 10^{-14}$	$5,21 \cdot 10^{-15}$
²⁰⁸ Tl	$2,34 \cdot 10^{-13}$	$9,77 \cdot 10^{-15}$
²⁰⁹ Tl	$1,59 \cdot 10^{-13}$	$9,87 \cdot 10^{-15}$
²³² U	$5,92 \cdot 10^{-17}$	$1,10 \cdot 10^{-17}$
²³³ U	$4,57 \cdot 10^{-17}$	$5,94 \cdot 10^{-18}$
²³⁴ U	$4,25 \cdot 10^{-17}$	$9,09 \cdot 10^{-18}$
²³⁵ U	$8,64 \cdot 10^{-15}$	$1,94 \cdot 10^{-16}$
²³⁶ U	$3,57 \cdot 10^{-17}$	$8,45 \cdot 10^{-18}$
²³⁷ U	$9,97 \cdot 10^{-15}$	$2,07 \cdot 10^{-16}$
²³⁸ U	$2,91 \cdot 10^{-17}$	$7,42 \cdot 10^{-18}$
¹²⁷ Xe	$1,57 \cdot 10^{-14}$	—**
^{131m} Xe	$4,82 \cdot 10^{-15}$	—**
¹³³ Xe	$4,97 \cdot 10^{-15}$	—**
^{133m} Xe	$1,04 \cdot 10^{-14}$	—**
¹³⁵ Xe	$3,12 \cdot 10^{-14}$	—**
^{135m} Xe	$2,97 \cdot 10^{-14}$	—**
¹³⁸ Xe	$1,07 \cdot 10^{-13}$	—**

Радионуклид	$R_{обл}, \frac{Зв \times М^3}{с \times Бк}$	$R_{пов}, \frac{Зв \times М^2}{с \times Бк}$
$^{90}\gamma$	$6,24 \cdot 10^{-14}$	$1,05 \cdot 10^{-14}$
^{65}Zn	$3,29 \cdot 10^{-14}$	$6,52 \cdot 10^{-16}$
^{95}Zr	$4,50 \cdot 10^{-14}$	$8,91 \cdot 10^{-16}$

* Значения коэффициентов приняты в соответствии с NUREG/CR-7166 Radiological Toolbox User's Guide. — Office of Nuclear Regulatory Research, 2013.

** Данный путь облучения не учитывается для радионуклидов группы ИРГ.

Таблица № 7. Значения УАНИ, Бк/кг*, **, ***

Радионуклид	УАНИ, Бк/кг
$^{110m}\text{Ag}^{****}$	10^2
^{241}Am	10^2
$^{243}\text{Am}^{****}$	10^2
^{198}Au	10^4
^{140}Ba	10^3
^{45}Ca	10^5
^{47}Ca	10^4
^{141}Ce	10^5
$^{144}\text{Ce}^{****}$	10^4
^{36}Cl	10^3
^{242}Cm	10^4
^{243}Cm	10^3
^{244}Cm	10^3
^{57}Co	10^3
^{58}Co	10^3
^{60}Co	10^2
^{51}Cr	10^5
^{134}Cs	10^2
^{135}Cs	10^5
$^{137}\text{Cs}^{****}$	10^2

Радионуклид	УАНИ, Бк/кг
^{138}Cs	10^4
^{169}Er	10^6
^{152}Eu	10^2
^{154}Eu	10^2
^{155}Eu	10^3
^{59}Fe	10^3
^{197}Hg	10^5
^{123}I	10^5
^{129}I	10^1
^{131}I	10^4
^{132}I	10^4
^{133}I	10^4
^{134}I	10^4
^{135}I	10^4
^{111}In	10^4
^{192}Ir	10^3
^{42}K	10^5
^{140}La	10^3
^{54}Mn	10^2
$^{99}\text{Mo}^{****}$	10^4
^{22}Na	10^2
^{24}Na	10^3
^{95}Nb	10^3
$^{237}\text{Np}^{****}$	10^3
^{239}Np	10^5
^{32}P	10^6
^{233}Pa	10^4

Радионуклид	УАНИ, Бк/кг
^{147}Pm	10^6
^{238}Pu	10^2
^{239}Pu	10^2
^{240}Pu	10^2
^{241}Pu	10^4
^{225}Ra	10^4
$^{103\text{m}}\text{Rh}$	10^8
$^{103}\text{Ru}^{****}$	10^3
$^{106}\text{Ru}^{****}$	10^2
^{35}S	10^5
^{122}Sb	10^4
^{124}Sb	10^3
$^{125}\text{Sb}^{****}$	10^2
^{47}Sc	10^5
^{75}Se	10^3
^{89}Sr	10^6
$^{90}\text{Sr}^{****}$	10^3
^{99}Tc	10^3
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	10^5
$^{123\text{m}}\text{Te}$	10^3
$^{125\text{m}}\text{Te}$	10^6
^{229}Th	10^2
^{201}Tl	10^5
$^{232}\text{U}^{****}$	10^2
^{233}U	10^3
^{236}U	10^4
^{237}U	10^5

Радионуклид	УАНИ, Бк/кг
^{90}Y	10^6
^{65}Zn	10^2
$^{95}\text{Zr}^{****}$	10^3

* Для радионуклидов, за исключением изотопов урана: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U .

** Значения коэффициентов приняты в соответствии с Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards // General Safety Requirements Part 3. — IAEA, 2014.

*** В случае необходимости использования в расчетах величин УАНИ для радионуклидов, отсутствующих в таблице, рекомендуется принимать их значения в соответствии с таблицей I.1 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards // General Safety Requirements Part 3. — IAEA, 2014.

**** Значения УАНИ для данных радионуклидов приведены с учетом их дочерних продуктов распада:

$^{110\text{m}}\text{Ag}$:	^{243}Am :	^{144}Ce :	^{137}Cs :	^{99}Mo :	^{237}Np :	^{103}Ru :	^{106}Ru :	^{125}Sb :	^{90}Sr :	^{232}U :	^{95}Zr :
^{110}Ag	^{239}Np	^{144}Pr ,	$^{137\text{m}}\text{Ba}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{233}Pa	$^{103\text{m}}\text{Rh}$	^{106}Rh	$^{125\text{m}}\text{Sb}$	^{90}Y	^{228}Th ,	^{95}Nb .
		$^{144\text{m}}\text{Pr}$								^{224}Ra ,	
										^{220}Rn ,	
										^{216}Po ,	
										^{212}Pb ,	
										^{212}Bi ,	
										^{208}Tl	

Таблица № 8. Значения УАНИ для ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , Бк/кг *

Радионуклид	УАНИ, Бк/кг	
^{234}U	10^4	10^{3***}
^{235}U	10^{4**}	10^{3***}
^{238}U	10^{4**}	10^{3***}

* Значения коэффициентов приняты в соответствии с Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards // General Safety Requirements Part 3. — IAEA, 2014.

** Для изотопов урана, находящихся в равновесии со следующими дочерними продуктами распада:

^{235}U :	^{238}U :
^{231}Th	^{234}Th ,
	$^{234\text{m}}\text{Pa}$.

*** Для изотопов урана, находящихся в равновесии со своими дочерними продуктами распада:

^{234}U :	^{235}U :	^{238}U :
^{230}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn ,	^{231}Th , ^{231}Pa , ^{227}Ac ,	^{234}Th , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{234}Pa ,

^{218}Po , ^{214}Pb , ^{218}At , ^{227}Th , ^{223}Fr , ^{223}Ra , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra ,
 ^{214}Bi , ^{218}Rn , ^{214}Po , ^{219}Rn , ^{219}At , ^{215}Bi , ^{222}Rn , ^{218}Po , ^{214}Pb ,
 ^{210}Tl , ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{215}Po , ^{211}Pb , ^{211}Bi , ^{218}At , ^{214}Bi , ^{218}Rn ,
 ^{206}Hg , ^{210}Po , ^{206}Tl ^{207}Tl , ^{211}Po ^{214}Po , ^{210}Tl , ^{210}Pb ,
 ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{206}Hg ,
 ^{210}Po , ^{206}Tl ».

Приложение № 3

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 августа 2021 г. № 288.

Рекомендации по определению значений параметров, входящих в состав формул для расчета факторов разбавления, факторов сухого осаждения и влажного выведения

1. Расчет вертикальной дисперсии струи примеси для всех типов подстилающей поверхности, кроме типа «скошенная и низкая трава до 15 см», рекомендуется выполнять с использованием параметризации Смита-Хоскера по следующему соотношению:

$$\sigma_{z,j}(x) = \begin{cases} f(z_0, x) \cdot g_j(x) & \text{для } f(z_0, x) \cdot g_j(x) < \sigma_{z,j}^{max} \\ \sigma_{z,j}^{max} & \text{для } f(z_0, x) \cdot g_j(x) \geq \sigma_{z,j}^{max} \end{cases} \quad (1)$$

где $f(z_0, x)$ и $g_j(x)$ рекомендуется определять по приведенным ниже формулам:

$$f(z_0, x) = \begin{cases} \ln \left[c_1 \cdot x^{d_1} \cdot \left(1 + \frac{1}{c_2 \cdot x^{d_2}} \right) \right] & \text{при } z_0 > 10 \text{ см} \\ \ln \left(\frac{c_1 \cdot x^{d_1}}{1 + c_2 \cdot x^{d_2}} \right) & \text{при } z_0 \leq 10 \text{ см} \end{cases} \quad (2)$$

$$g_j(x) = \frac{a_1 \cdot x^{b_1}}{1 + a_2 \cdot x^{b_2}} \quad (3)$$

Рекомендуемые значения параметров a_1, a_2, b_1, b_2 , используемых при расчетах $\sigma_z(x)$, в зависимости от категории устойчивости атмосферы приведены в таблице № 9 настоящего приложения. Рекомендуемые значения параметров c_1, d_1, c_2, d_2 , используемых при расчетах $\sigma_z(x)$, в зависимости от коэффициента шероховатости z_0 приведены в таблице № 10 настоящего приложения. Рекомендуемые значения верхней границы $\sigma_{z,j}^{max}$ для различных категорий устойчивости атмосферы приведены в таблице № 11 настоящего приложения. Рекомендуемые значения коэффициента шероховатости z_0 для различных типов подстилающей поверхности приведены в таблице № 12 настоящего приложения.

Для типа подстилающей поверхности «Луг, скошенные и пахотные угодья» рекомендуется для вертикальной дисперсии использовать формулы Бриггса, а для учета ограниченности вертикальной дисперсии использовать значения $\sigma_{z,j}^{max}$ из таблицы № 11 настоящего приложения:

для категории А:

$$\sigma_z = \begin{cases} 0,2 \cdot x, \text{ если } 0,2 \cdot x < \sigma_z^{max} \\ \sigma_z^{max} \text{ если } \sigma_z^{max} \end{cases} \quad (4)$$

для категории В:

$$\sigma_z = \begin{cases} 0,12 \cdot x, & \text{если } 0,12 \cdot x < \sigma_z^{max} \\ \sigma_z^{max}, & \text{если } 0,12 \cdot x \geq \sigma_z^{max} \end{cases}, \quad (5)$$

для категории С:

$$\sigma_z = \begin{cases} \frac{0,08 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0002 \cdot x}}, & \text{если } \frac{0,08 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0002 \cdot x}} < \sigma_z^{max} \\ \sigma_z^{max}, & \text{если } \frac{0,08 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0002 \cdot x}} \geq \sigma_z^{max} \end{cases} \quad (6)$$

для категории D:

$$\sigma_z = \begin{cases} \frac{0,06 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0015 \cdot x}}, & \text{если } \frac{0,06 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0015 \cdot x}} < \sigma_z^{max} \\ \sigma_z^{max}, & \text{если } \frac{0,06 \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0015 \cdot x}} \geq \sigma_z^{max} \end{cases} \quad (7)$$

для категории E:

$$\sigma_z = \begin{cases} \frac{0,03 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x}, & \text{если } \frac{0,03 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x} < \sigma_z^{max} \\ \sigma_z^{max}, & \text{если } \frac{0,03 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x} \geq \sigma_z^{max} \end{cases} \quad (8)$$

для категории F:

$$\sigma_z = \begin{cases} \frac{0,016 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x}, & \text{если } \frac{0,016 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x} < \sigma_z^{max} \\ \sigma_z^{max}, & \text{если } \frac{0,016 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x} \geq \sigma_z^{max} \end{cases} \quad (9)$$

для категории G:

$$\sigma_z = \begin{cases} \frac{0,009 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x}, & \text{если } \frac{0,009 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x} < \sigma_z^{max} \\ \sigma_z^{max}, & \text{если } \frac{0,009 \cdot x}{1 + 0,0003 \cdot x} \geq \sigma_z^{max} \end{cases} \quad (10)$$

Таблица № 9. Рекомендуемые значения параметров, используемых при расчетах $\sigma_z(x)$, в зависимости от категории устойчивости атмосферы*

Категория устойчивости	a_1	a_2	b_1	b_2
A	0,112	$5,38 \cdot 10^{-4}$	1,06	0,815
B	0,130	$6,52 \cdot 10^{-4}$	0,950	0,755
C	0,112	$9,05 \cdot 10^{-4}$	0,920	0,718
D	0,098	$1,35 \cdot 10^{-3}$	0,889	0,688
E	0,080	$1,58 \cdot 10^{-3}$	0,892	0,686

F	0,0609	$1,96 \cdot 10^{-3}$	0,895	0,684
G	0,0638	$1,36 \cdot 10^{-3}$	0,783	0,672

Таблица № 10. Рекомендуемые значения параметров, используемых при расчетах $\sigma_z(x)$, в зависимости от коэффициента шероховатости z_0^*

$z_0, \text{ м}$	c_1	d_1	c_2	d_2
0,01	1,56	0,0480	$6,25 \cdot 10^{-4}$	0,45
0,04	2,02	0,0269	$7,76 \cdot 10^{-4}$	0,37
0,1	2,72	0	0	0
0,4	5,16	-0,098	$1,86 \cdot 10^1$	-0,225
1,0	7,37	-0,0957	$4,29 \cdot 10^3$	-0,60

Таблица № 11. Рекомендуемые значения верхней границы $\sigma_{z,j}^{max}$ для различных категорий устойчивости атмосферы

Категория устойчивости	A	B	C	D	E	F	G
$\sigma_{z,j}^{max}, \text{ м}$	1600	1200	800	600	240	160	80

Таблица № 12. Рекомендуемые значения коэффициента шероховатости z_0 для различных типов подстилающей поверхности

Тип подстилающей поверхности	$z_0, \text{ м}$
Водная поверхность	0,01
Неоднородная поверхность с чередующимися участками травы, кустарниками и т. п.	0,3
Сельская застройка	0,4
Парк, лес высотой до 10 м	0,8
Городские постройки	1,0

2. Вычисление модуля скорости ветра на высоте выброса рекомендуется производить по следующему соотношению:

$$U_{j,k}(h) = U_k(z_\varphi) \cdot \left(\frac{h}{z_\varphi} \right)^{\varepsilon_j(z_0)} \quad (11)$$

где:

$U_k(z_\varphi)$ — модуль приземной скорости ветра из градации по скоростям ветра k , м/с;

h — высота выброса, м;

z_ϕ — высота флюгера (рекомендуется принимать равной 10 м);

$\epsilon_j(z_0)$ — безразмерный параметр, зависящий от категории устойчивости атмосферы и коэффициента мезомасштабной шероховатости z_0 подстилающей поверхности.

Рекомендуемые значения $\epsilon_j(z_0)$, используемого для расчета изменения скорости ветра с высотой, приведены в таблице № 13 настоящего приложения.

Таблица № 13. Рекомендуемые значения параметра $\epsilon_j(z_0)$, используемого для расчета изменения скорости ветра с высотой

Категория устойчивости	$z_0, = 1 \text{ см}$	$z_0, = 10 \text{ см}$	$z_0, = 40 \text{ см}$	$z_0, = 100 \text{ см}$
A	0,05	0,08	0,11	0,16
B	0,06	0,09	0,13	0,17
C	0,06	0,11	0,16	0,20
D	0,12	0,16	0,22	0,27
E	0,22	0,22	0,27	0,31
F	0,34	0,34	0,39	0,42
G	0,52	0,52	0,57	0,60

3. Для вычисления распределения повторяемостей $\omega_{n,j,k}$ по категориям устойчивости j , направлениям ветра n и группам скоростей ветра рекомендуется использовать данные, предоставленные метеостанциями, расположенными в районе расположения источника выброса.

4. Поскольку в штилевых условиях ($k=1$) направление ветра не определено, для штилей рекомендуется число наблюдений распределять по секторам направления ветра пропорционально частоте его распределения при слабом ветре ($k=2$).

5. Траекторию подъема струи $\Delta h_{j,k}(x)$ для всех погодных условий рекомендуется вычислять по формулам Неттервилла:

для категории D (безразличной стратификации атмосферы):

$$\Delta h_{j,k}(x) = \left\{ \frac{3}{\beta_j^2 \cdot U_{j,k} \cdot f^2} \cdot [F_0 + f \cdot M_0 - \langle f \cdot M_0 + F_0 \cdot (1 + f \cdot t) \rangle \cdot e^{-f \cdot t}] + \left(\frac{R_0^{j,k}}{\beta_j} \right)^3 \right\}^{\frac{1}{3}} - \frac{R_0^{j,k}}{\beta_j} \quad (12)$$

для категорий A, B и C (условий неустойчивости):

$$\Delta h_{j,k}(x) = \left\{ \frac{3}{2 \cdot \beta_j^2 \cdot U_{j,k} \cdot S^2} \left[M_0 \cdot S \cdot \left(S \cdot t + \frac{1 - e^{-2 \cdot S \cdot t}}{2} \right) + F_0 \cdot \left(S \cdot t - \frac{1 - e^{-2 \cdot S \cdot t}}{2} \right) \right] + \left(\frac{R_0^{j,k}}{\beta_j} \right)^3 \right\}^{\frac{1}{3}} - \frac{R_0^{j,k}}{\beta_j} \quad (13)$$

для категорий E, F и G (устойчивых условий):

$$\Delta h_{j,k}(x) = \left\{ \frac{3}{2 \cdot \beta_j^2 \cdot U_{j,k} \cdot S^2} \cdot \left[F_0 + S \cdot M_0 - \left(\frac{S \cdot M_0 \cdot (\cos(S \cdot t) - \sin(S \cdot t))}{F_0 \cdot (\cos(S \cdot t) + \sin(S \cdot t))} \right) + \right] \cdot e^{-s \cdot t} \right\} + \left(\frac{R_0^{j,k}}{\beta_j} \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{R_0^{j,k}}{\beta_j} \quad (14)$$

где:

x — расстояние от основания трубы, м;

$t = \frac{x}{U_{j,k}}$ — время движения облака по ветру до расстояния x , с;

$U_{j,k}$ — скорость ветра на высоте выброса, м/с;

β — безразмерная константа переноса;

$f=0,7 \cdot 10^{-2}$ — характерная частота спектра турбулентности при нейтральной атмосфере, с⁻¹;

$s = \sqrt{\left| \frac{g}{T_0} \frac{d\theta}{dz} \right|}$ — параметр устойчивости атмосферы, с⁻¹;

T_0 — абсолютная температура атмосферного воздуха, К;

$\frac{d\theta}{dz}$ — градиент потенциальной температуры (разница измеренного и адиабатического градиента температуры), К/м;

$R_0^{j,k} = \frac{d}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{w_0}{U_{j,k}}}$ — начальный радиус струи с поправкой Ханны, м;

w_0 — скорость выбрасываемой газовой смеси, м/с;

d — диаметр устья трубы, м;

$M_0 = (w_0 \frac{d}{2})^2$ — величина, пропорциональная потоку кинетической энергии истекающей струи выброса, м⁴/с²;

$F_0 = 0,25 \frac{\Delta T}{T_0} g w_0 d^2$ — величина, пропорциональная потоку сил плавучести, м⁴/с³;

$g = 9,8$ — ускорение свободного падения, м/с²;

$\Delta T = T - T_0$ — разность температур выбрасываемого T и атмосферного T_0 воздуха, К.

Рекомендуемые значения параметров s и β для различных категорий устойчивости приведены в таблице № 14.

Таблица № 14. Рекомендуемые значения параметров s и β для различных категорий устойчивости

Категория устойчивости атмосферы	A	B	C	D	E	F	G
$s, \text{с}^{-1}$	0,02	0,017	0,015	0,00	0,023	0,033	0,038
β	0,25	0,35	0,45	0,45	0,25	0,25	0,25

б. Рекомендуемые значения скоростей сухого осаждения радионуклидов из атмосферы на подстилающую поверхность приведены в таблице № 15 настоящего приложения.

Таблица № 15. Рекомендуемые значения скоростей сухого осаждения радионуклидов из атмосферы на подстилающую поверхность*

Вещество	V_d^r , м/с
Элементарный йод (I_2)	$2 \cdot 10^{-2}$
Органические соединения йода	$1 \cdot 10^{-4}$
Аэрозоли	$8 \cdot 10^{-3}$
ИРГ, ^{14}C	0
3H (аэрозоль НТО)	$3 \cdot 10^{-2}$
3H (пар НТО)	0

* Значения скоростей сухого осаждения приняты:

- для элементарного йода (I_2), органических соединений йода и аэрозолей — в соответствии с Руководством по установлению допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферу (ДВ-98). М.: Госкомэкология России, Минатом России, 1999;
- для 3H (аэрозоль НТО) — в соответствии с Modelling the environmental transport of tritium in the vicinity of long term atmospheric and sub-surface sources // Report of the Tritium Working Group of the Biosphere Modelling and Assessment (BIOMASS) Programme. — Theme 3. — IAEA, 2003;
- для 3H (пар НТО), ^{14}C , ИРГ — в соответствии с Generic Models for use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment / Safety Reports. — Series No. 19. — Vienna: IAEA, 2000.

7. Среднегодовую постоянную вымывания радионуклида осадками рекомендуется рассчитывать по следующей формуле:

$$A^r = \frac{\gamma_0^r}{8760} \cdot \sum_{s=1}^3 \gamma_s \cdot \theta_s \quad (15)$$

где:

γ_0^r — абсолютная вымывающая способность осадков для радионуклида r , ч/(мм·с);

γ_s — относительная вымывающая способность осадков типа s ($s=1$ для жидких осадков, $s=2$ для смешанных осадков и $s=3$ для твердых осадков);

θ_s — среднегодовая сумма осадков типа s , мм.

Рекомендуемые значения величины γ_0^r приведены в таблице № 16 настоящего приложения.

Таблица № 16. Рекомендуемые значения абсолютной вымывающей способности осадков

Вещество	γ_0^r , $\frac{ч}{мм \times с}$
Элементарный йод (I_2)	$1 \cdot 10^{-5}$
Органические соединения йода	$1 \cdot 10^{-5}$
Аэрозоли	$1 \cdot 10^{-5}$
Инертные радиоактивные газы, ^{14}C	0

${}^3\text{H}$ (аэрозоль НТО)	$1 \cdot 10^{-5}$
${}^3\text{H}$ (пар НТО)	0

Для параметра γ_s рекомендуется принять следующие значения: $\gamma_1 = 1$ для жидких, $\gamma_2 = 2,4$ для смешанных, $\gamma_3 = 3$ для твердых осадков. Величина θ_s оценивается по климатическим данным для района расположения источника выбросов.

В случаях, когда среднегодовое распределение осадков по типам (жидкие, твердые, смешанные) неизвестно, для определения среднегодовой постоянной вымывания радионуклидов рекомендуется консервативно использовать соотношение:

$$\Lambda^r = \frac{3 \cdot \gamma_0^r}{8760} \cdot \theta_{sum} \quad (16)$$

где θ_{sum} — суммарное среднегодовое количество осадков, мм.

8. Функцию истощения струи за счет радиоактивного распада рекомендуется определять по выражению:

$$\Phi_{rad}^{r,j,k}(x) = \exp\left(\frac{-\lambda_r \cdot x}{U_{j,k}}\right) \quad (17)$$

где:

λ^r — постоянная радиоактивного распада радионуклида r , с^{-1} ;

$U_{j,k}$ — модуль скорости ветра на высоте выброса, м/с.

9. В случае, если в выбросе из i -го источника присутствуют изотопы природного урана (${}^{234}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$ и ${}^{238}\text{U}$), рекомендуется для данных радионуклидов принимать $\Phi_{rad}^{r,j,k}(x)$ равной 1.

10. В случае, если в выбросе из i -го источника присутствуют изотопы природного урана (${}^{234}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$ и ${}^{238}\text{U}$), рекомендуется не учитывать образование дочерних продуктов распада данных радионуклидов после выброса.

11. Функцию истощения струи за счет процессов вымывания атмосферными осадками рекомендуется определять по выражению:

$$\Phi_{wet}^{r,j,k}(x) = \exp\left(-\Lambda^r \cdot \frac{x}{U_{j,k}}\right) \quad (18)$$

12. В случае, если в выбросе из i -го источника присутствуют изотопы природного урана (${}^{234}\text{U}$, ${}^{235}\text{U}$ и ${}^{238}\text{U}$), рекомендуется для данных радионуклидов принимать $\Phi_{wet}^{r,j,k}(x)$ равной 1.

13. Функцию истощения вследствие сухого осаждения рекомендуется определять выражением:

$$\Phi_{dry}^{r,j,k}(x) = \exp\left[-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{V_d^r}{U_{j,k}} \cdot \int_0^x \frac{\exp\left(\frac{-(h_s + \Delta h_{j,k}(x))^2}{(2 \cdot \sigma_z^2(x))}\right)}{\sigma_z(x)} \cdot dx\right] \quad (19)$$

На расстояниях, где $\sigma_z(x) = \sigma_z^{max}$, рекомендуется использовать выражение:

$$\Phi_{dry}^{r,j,k}(x) = \exp \left[-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{V_d^r}{U_{j,k}} \cdot \int_0^{x_{max}} \frac{\exp \left(\frac{-(h_s + \Delta h_{j,k}(x))^2}{2 \cdot \sigma_z^2(x)} \right)}{\sigma_z(x)} \cdot dx \right] \cdot \exp \left[-\frac{V_d^r \cdot (x - x_{max})}{h_z^{max} \cdot U_{j,k}} \right] \quad (20)$$

где h_z^{max} — максимальная высота слоя перемешивания, м (рекомендуется принимать равной $1,25 \cdot \sigma_z^{max}$);

x_{max} — расстояние, на котором $\sigma_z(x)$ достигает максимума σ_z^{max} .

14. В случае, если в выбросе из i -го источника присутствуют изотопы природного урана (^{234}U , ^{235}U и ^{238}U), рекомендуется для данных радионуклидов принимать $\Phi_{dry}^{r,j,k}(x)$ равной 1.

15. Полную функцию истощения струи рекомендуется определять следующим выражением:

$$\Phi_{j,k}^r(x) = \Phi_{rad}^{r,j,k}(x) \cdot \Phi_{dry}^{r,j,k}(x) \cdot \Phi_{wet}^{r,j,k}(x) \quad (21)$$

16. Параметр $x_{\theta}^{j,k}$ рекомендуется определять как корень следующего уравнения:

$$V_0 = \pi \cdot \sigma_{y,j}(x_{\theta}^{j,k}) \cdot \sigma_{z,j}(x_{\theta}^{j,k}) \cdot U_{j,k}, \quad (22)$$

где:

j — номер градации категории устойчивости атмосферы;

V_0 — объемная скорость истечения газоаэрозольной примеси, $\text{м}^3/\text{с}$;

$U_{j,k}$ — скорость ветра на высоте выброса, $\text{м}/\text{с}$;

$\sigma_{y,j}(x_{\theta}^{j,k})$ и $\sigma_{z,j}(x_{\theta}^{j,k})$ — дисперсии струи в горизонтальном и вертикальном направлениях, вычисленные для расстояния $x_{\theta}^{j,k}$, м.

Для поперечной дисперсии $\sigma_{y,j}$ рекомендуется использовать формулу:

$$\sigma_{y,j}(x) = \frac{c_3^j \cdot x}{\sqrt{1 + 0,0001 \cdot x}} \quad (23).$$

Рекомендуемые значения параметра c_3 для различных категорий устойчивости атмосферы приведены в таблице № 17 настоящего приложения.

Таблица № 17. Значения параметра c_3^j для различных категорий устойчивости атмосферы

Категория устойчивости	A	B	C	D	E	F	G
c_3^j	0,22	0,16	0,11	0,08	0,06	0,06	0,06

17. После определения $x_e^{j,k}$ расчет объемных активностей рекомендуется проводить по формулам для точечных источников, заменяя в них реальные расстояния x от точки выброса до точки детектирования суммой $x^- = x + x_e^{j,k}$.

18. Расчет для низких труб рекомендуется проводить по смешанной модели, где доля примеси от общего количества выброса, равная $1 - K_b$, принимается выброшенной из высокой трубы, а доля примеси, равная K_b , принимается поступившей в зону аэродинамической тени, где формируется объемный источник. Рекомендуется принимать, что все выбросы из проемов здания и других, расположенных вблизи здания источников, высота которых ниже высоты здания, попадают в зону его аэродинамической тени.

Рекомендуемые значения доли выброса K_b , попадающей в зону аэродинамической тени за зданием при низком выбросе, в зависимости от безразмерной приведенной высоты здания \bar{h}_b , приведены в таблице № 18 настоящего приложения.

Таблица № 18. Значения доли выброса K_b , попадающей в зону аэродинамической тени за зданием при низком выбросе, в зависимости от безразмерной приведенной высоты здания \bar{h}_b

$\bar{h}_b, м$	K_b
≤ 0	1
0,05	0,984
0,1	0,960
0,2	0,906
0,3	0,808
0,4	0,662
0,5	0,5
0,6	0,338
0,7	0,192
0,8	0,094
0,9	0,040
0,95	0,014
≥ 1	0

19. Приведенную высоту здания \bar{h}_b , зависящую от взаимного расположения здания и трубы, рекомендуется рассчитывать по формуле:

$$\bar{h}_b = \frac{h_s - h_b}{h_{iz} - h_b} \quad (24)$$

где:

h_s — геометрическая высота источника выбросов от поверхности земли, м;

h_b — высота здания, м;

h_{iz} — расстояние от уровня земли до верхней границы зоны смещения потока воздуха за зданием, м, рассчитываемое по формуле:

$$h_{iz} = h_b \cdot \left(1 + \frac{h_b}{h_b + b}\right) \quad (25)$$

где b — ширина перпендикулярного направлению ветра сечения здания, м.

Приложение № 4

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендуемые методы расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов радиоактивных веществ в атмосферный воздух», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 августа 2021 г. № 288.

Пример расчета параметров, необходимых для разработки и установления нормативов предельно допустимых выбросов

1. Данное приложение содержит пример расчета функций перехода, связывающих значение годового выброса с создаваемой им годовой эффективной дозой, с использованием соотношений, приведенных в настоящем Руководстве по безопасности.

2. Рассмотрим следующий набор исходных данных:

1) источник выбросов — вентиляционная труба высотой $h_s=150$ м, диаметр устья трубы $D=6,5$ м. Скорость истечения выброса $w_0=4,4$ м/с, расход воздуха через устье — 529 000 м³/ч, температура выбрасываемой смеси $T=28$ °С. Режим работы источника — 24 ч/день, 365 дней в году;

2) радионуклидный состав и годовой объем выбросов приведены в таблице № 19 настоящего приложения;

3) санитарно-защитная зона представляет собой окружность радиусом 3 км с центром в точке расположения источника; сельскохозяйственных производств в пределах санитарно-защитной зоны нет, а за пределами санитарно-защитной зоны располагаются сельскохозяйственные угодья, используемые исключительно для выращивания плодово-овощной продукции, годовое потребление которой взрослым населением составляет 65 кг/год;

4) квота от предела годовой эффективной дозы облучения населения составляет 100 мкЗв/год;

5) повторяемость направлений ветра в различных румбах и среднегодовая скорость ветра на высоте флюгера приведены в таблице № 20 настоящего приложения; годовые атмосферные осадки в районе расположения источника приведены в таблице № 21 настоящего приложения. Коэффициент мезомасштабной шероховатости $z_0=1$ м.

Таблица № 19. Радионуклидный состав и годовой объем выбросов

Радионуклид	Q, Бк/год
³ H (НТО)	$3,2 \cdot 10^{10}$
⁴¹ Ar	$4,5 \cdot 10^{13}$
⁶⁰ Co	$1,8 \cdot 10^7$
¹³¹ I (аэрозольная форма)	$7,7 \cdot 10^8$

^{90}Sr	$2,3 \cdot 10^5$
^{134}Cs	$1,7 \cdot 10^6$
^{137}Cs	$1,3 \cdot 10^7$

Таблица № 20. Повторяемость направлений ветра в различных румбах и среднегодовая скорость ветра на высоте флюгера (откуда дует ветер)

Наименование характеристики		Величина
Роза ветров, %	С	8
	СВ	9
	В	10
	ЮВ	10
	Ю	12
	ЮЗ	21
	З	17
	СЗ	13
Среднегодовая скорость ветра, м/с		1,8
Среднегодовая температура воздуха, °С		4,8

Таблица № 21. Годовые атмосферные осадки в районе расположения источника

Тип осадков	Количество, мм/год
Жидкие	464
Твердые	180
Смешанные	56
Сумма	700

3. В таблице № 22 приведены значения радиоэкологических параметров, которые будут использоваться в расчетах.

Таблица № 22. Значения радиоэкологических параметров, используемые в расчетах

Радионуклид	^3H	^{41}Ar	^{60}Co	^{131}I	^{90}Sr	^{134}Cs	^{137}Cs
Период полураспада, с	$3,88 \cdot 10^8$	$6,58 \cdot 10^3$	$1,66 \cdot 10^8$	$6,93 \cdot 10^5$	$9,07 \cdot 10^8$	$6,49 \cdot 10^7$	$9,51 \cdot 10^8$

Радионуклид	^3H	^{41}Ar	^{60}Co	^{131}I	^{90}Sr	^{134}Cs	^{137}Cs
$R_{\text{обл}}^r \frac{\text{Зв}\times\text{м}^3}{\text{с}\times\text{Бк}}$	—*	$7,85\cdot 10^{-14}$	$1,50\cdot 10^{-13}$	$2,31\cdot 10^{-14}$	$4,93\cdot 10^{-16}$	$9,25\cdot 10^{-14}$	$3,52\cdot 10^{-14}$
$R_{\text{пов}}^r \frac{\text{Зв}\times\text{м}^2}{\text{с}\times\text{Бк}}$	—*	—*	$1,95\cdot 10^{-15}$	$3,23\cdot 10^{-16}$	$7,96\cdot 10^{-18}$	$1,28\cdot 10^{-15}$	$5,01\cdot 10^{-16}$
$\varepsilon_{\text{инг}}^r \frac{\text{Зв}}{\text{Бк}}$	—*	0	$1,20\cdot 10^{-8}$	$7,20\cdot 10^{-8}$	$5,00\cdot 10^{-8}$	$6,60\cdot 10^{-9}$	$4,60\cdot 10^{-9}$
Критическая группа по ингаляции	—*	—**	12–17 лет	1–2 года	12–17 лет	>17 лет	>17 лет
$\varepsilon_{\text{пищ}}^r \frac{\text{Зв}}{\text{Бк}}$	—*	0	$2,70\cdot 10^{-8}$	$1,80\cdot 10^{-7}$	$8,00\cdot 10^{-8}$	$1,90\cdot 10^{-8}$	$1,30\cdot 10^{-8}$
Критическая группа по пероральному поступлению	—*	—**	1–2 года	1–2 года	12–17 лет	>17 лет	>17 лет
Fv_r	—*	0	$8,00\cdot 10^{-2}$	$2,00\cdot 10^{-2}$	$3,00\cdot 10^{-1}$	$3,00\cdot 10^1$	$3,00\cdot 10^1$
$F^m_{\text{молоко, г, сут/л}}$	—*	0	$1,00\cdot 10^{-2}$	$1,00\cdot 10^{-2}$	$3,00\cdot 10^{-3}$	$1,00\cdot 10^{-2}$	$1,00\cdot 10^{-2}$
$F^f_{\text{мясо, г, сут/кг}}$	—*	0	$7,00\cdot 10^{-2}$	$5,00\cdot 10^{-2}$	$1,00\cdot 10^{-2}$	$5,00\cdot 10^{-2}$	$5,00\cdot 10^{-2}$
$Fv1_r$	—*	0	$2,00\cdot 10^0$	$1,00\cdot 10^{-1}$	$1,00\cdot 10^1$	$2,00\cdot 10^1$	$2,00\cdot 10^1$
$V_d^r, \text{м/с}$	$3,00\cdot 10^{-2}$	0	$8,00\cdot 10^{-3}$				
$\gamma_{\text{д}}^r, \text{ч}/(\text{мм}\cdot\text{с})$	$1,00\cdot 10^{-5}$	0	$1,00\cdot 10^{-5}$				
$\lambda_{s,r}, \text{сут}^{-1}$	0	0	0	0	$1,40\cdot 10^{-4}$	$1,40\cdot 10^{-4}$	$1,40\cdot 10^{-4}$
$K_1^r_{\text{овощи}}, \text{м}^2\cdot\text{год}/\text{кг}$	0	0	$1,20\cdot 10^{-2}$	$2,48\cdot 10^{-6}$	$1,30\cdot 10^{-2}$	$1,20\cdot 10^{-2}$	$1,30\cdot 10^{-2}$
$K_2^r_{\text{овощи}}, \text{м}^2\cdot\text{год}/\text{кг}$	0	0	$2,22\cdot 10^{-3}$	$1,02\cdot 10^{-9}$	$1,40\cdot 10^{-2}$	$2,74\cdot 10^{-1}$	$1,38\cdot 10^0$
$g_{^3\text{H}}$	$2,60\cdot 10^{-8}$	—*	—*	—*	—*	—*	—*

Радионуклид	^3H	^{41}Ar	^{60}Co	^{131}I	^{90}Sr	^{134}Cs	^{137}Cs
<u>Звхл</u>							
год×Бк							

* Значение не установлено, поскольку для ^3H используются расчетные модели, отличные от расчетных моделей для других радионуклидов.

** Для радионуклидов группы ИРГ отсутствует облучение по указанному пути.

4. Для того, чтобы определить необходимость установления нормативов для источника, а также перечень радионуклидов в выбросах рассматриваемого источника, для которых должны быть установлены нормативы, потребуется выполнить расчеты годовой эффективной дозы без учета рассеивания с помощью соотношений (21)–(25) раздела III настоящего Руководства по безопасности и оценить, какой вклад в нее дает каждый из указанных в таблице № 19 радионуклидов.

Суммарное с учетом всех радионуклидов значение годовой эффективной дозы без учета рассеивания для рассматриваемого источника выброса составляет 26 мЗв/год. Таким образом, в соответствии с критерием, установленным в пункте 7 Методики, для данного источника должны быть установлены нормативы.

Результаты оценки вклада отдельных радионуклидов представлены в таблице № 23.

Таблица № 23. Результаты определения перечня нормируемых радионуклидов

Радионуклид	$D_r^{\text{б.р., обл.}}$, Зв/год	$D_r^{\text{б.р., пов.}}$, Зв/год	$D_r^{\text{б.р., инг.}}$, Зв/год	$D_r^{\text{б.р., пищ.}}$, Зв/год	$D_r^{\text{б.р.}}$, Зв/год	Вклад, %
^{41}Ar	$2,30 \cdot 10^{-2}$	0	0	0	$2,30 \cdot 10^{-2}$	90,14
^{137}Cs	$2,96 \cdot 10^{-9}$	$1,66 \cdot 10^{-4}$	$1,05 \cdot 10^{-7}$	$1,92 \cdot 10^{-3}$	$2,09 \cdot 10^{-3}$	8,11
^{60}Co	$1,77 \cdot 10^{-8}$	$3,27 \cdot 10^{-4}$	$3,40 \cdot 10^{-7}$	$1,21 \cdot 10^{-5}$	$3,40 \cdot 10^{-4}$	1,32
^{134}Cs	$1,02 \cdot 10^{-9}$	$9,28 \cdot 10^{-6}$	$1,96 \cdot 10^{-8}$	$3,26 \cdot 10^{-5}$	$4,19 \cdot 10^{-5}$	0,16
^{131}I	$1,13 \cdot 10^{-7}$	$1,27 \cdot 10^{-5}$	$2,27 \cdot 10^{-5}$	$5,87 \cdot 10^{-7}$	$3,61 \cdot 10^{-5}$	0,14
^3H	–	–	–	–	$2,99 \cdot 10^{-5}$	0,12
^{90}Sr	$7,49 \cdot 10^{-13}$	$4,62 \cdot 10^{-8}$	$1,81 \cdot 10^{-8}$	$1,83 \cdot 10^{-6}$	$1,90 \cdot 10^{-6}$	0,007

Из таблицы № 23 видно, что 99 %-ный вклад в годовую дозу обуславливают три радионуклида — ^{41}Ar , ^{137}Cs и ^{60}Co , поэтому установление нормативов ПДВ требуется только в их отношении. Вклад в годовую эффективную дозу остальных радионуклидов не превышает 1 %, поэтому они могут быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

5. С учетом приведенных в пункте 2 настоящего приложения исходных данных, а также принимая во внимание, что для рассматриваемой трубы высотой 150 м отсутствует необходимость учета влияния зданий, формула для расчета среднегодового метеорологического фактора разбавления (2) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности примет следующий вид:

$$\bar{G}_n^r(x) = \max_j \left[\frac{2 \cdot N \cdot \omega_n}{(2 \cdot \pi)^{\frac{3}{2}} \cdot x} \cdot \frac{\Phi_j^r(x)}{\sigma_{z,j}(x) \cdot \bar{U}_j} \cdot \exp \left(-\frac{(h_s + \Delta h_j(x))^2}{2 \cdot \sigma_{z,j}^2(x)} \right) \right] \quad (1).$$

Порядок расчета величин, входящих в формулу (1), описан в приложении № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

6. С учетом того, что в исходных данных принято, что коэффициент мезомасштабной шероховатости поверхности $z_0=1$ м, для расчета вертикальной дисперсии струи выброса $\sigma_{z,j}(x)$ для различных категорий устойчивости атмосферы используется параметризация Смита-Хоскера, описанная формулами (1)–(3) приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

На рисунке 1 настоящего приложения приведены графики зависимостей $\sigma_{z,j}(x)$ для различных категорий устойчивости атмосферы в логарифмическом масштабе.

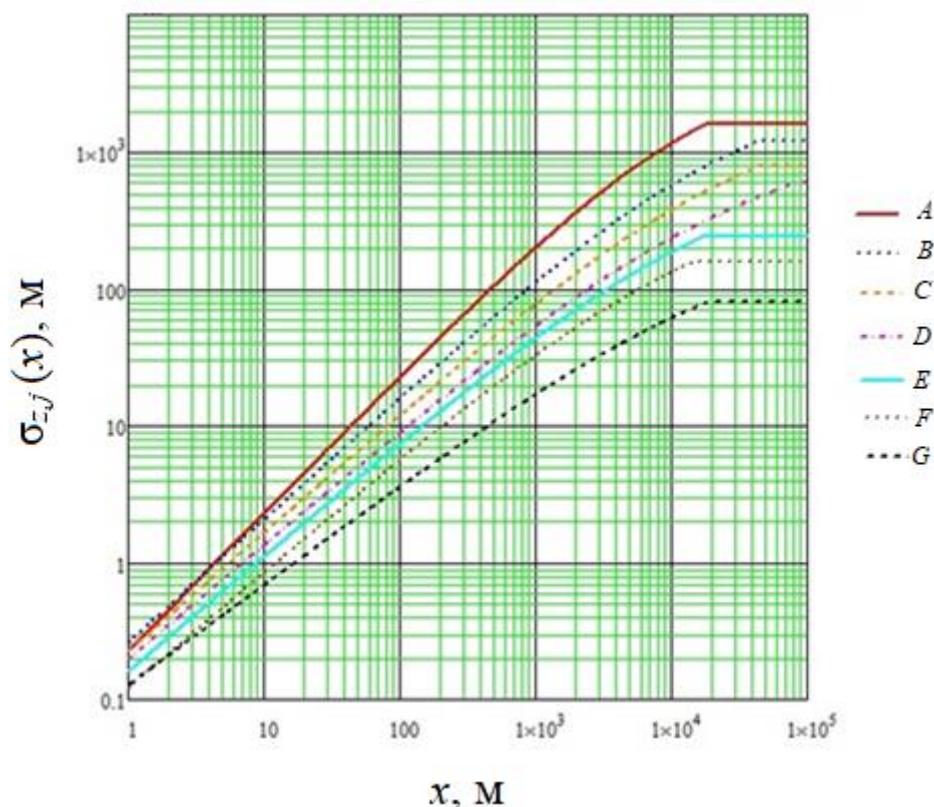


Рис. 1. Графики зависимостей $\sigma_{z,j}(x)$ для различных категорий устойчивости атмосферы

7. Рассчитанные на высоте выброса в соответствии с формулой (11) приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности значения скорости ветра \bar{U}_j для различных категорий устойчивости приведены в таблице № 24 настоящего приложения.

Таблица № 24. Рассчитанные на высоте выброса значения скорости ветра \bar{U}_j для различных категорий устойчивости

Категория устойчивости	A	B	C	D	E	F	G
\bar{U}_j , м/с	2,8	2,9	3,1	3,7	4,2	5,6	9,1

8. Подъем струи над источником выброса $\Delta h_j(x)$, м, для различных категорий устойчивости атмосферы рассчитывается с помощью формул (12)–(14) приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

На рисунке 2 настоящего приложения приведены в логарифмическом масштабе графики зависимостей $\Delta h_j(x)$ для различных категорий устойчивости атмосферы, построенные по формулам (12)–(14) приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

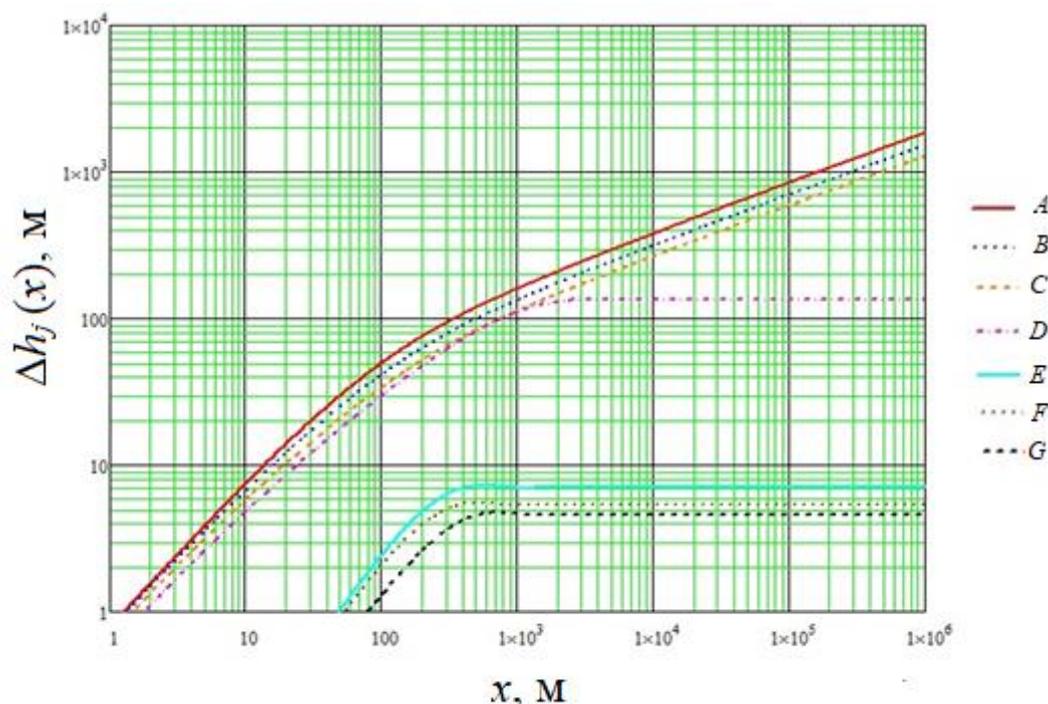


Рис. 2. Графики зависимостей $\Delta h_j(x)$ для различных категорий устойчивости атмосферы

9. Значения функции истощения струи $\Phi_j^r(x)$ рассчитываются с использованием формул (17)–(21) приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

Значение среднегодовой постоянной вымывания радионуклидов осадками, рассчитанное с использованием исходных данных из таблицы № 21 настоящего приложения по формуле (15) приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности для радионуклидов ^{137}Cs и ^{60}Co составляет $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$. Для ^{41}Ar значение данного параметра равно нулю.

Значения скоростей сухого осаждения в соответствии с таблицей № 15 приложения № 3 к настоящему Руководству по безопасности принимаются равными $8 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$ для ^{137}Cs и равными нулю для ^{41}Ar .

На рисунках 3–5 для ^{41}Ar , ^{137}Cs и ^{60}Co приведены графики зависимостей полных функций истощения струи $\Phi_j^r(x)$ за счет радиоактивного распада, вымывания атмосферными осадками и сухого осаждения для различных категорий устойчивости атмосферы.

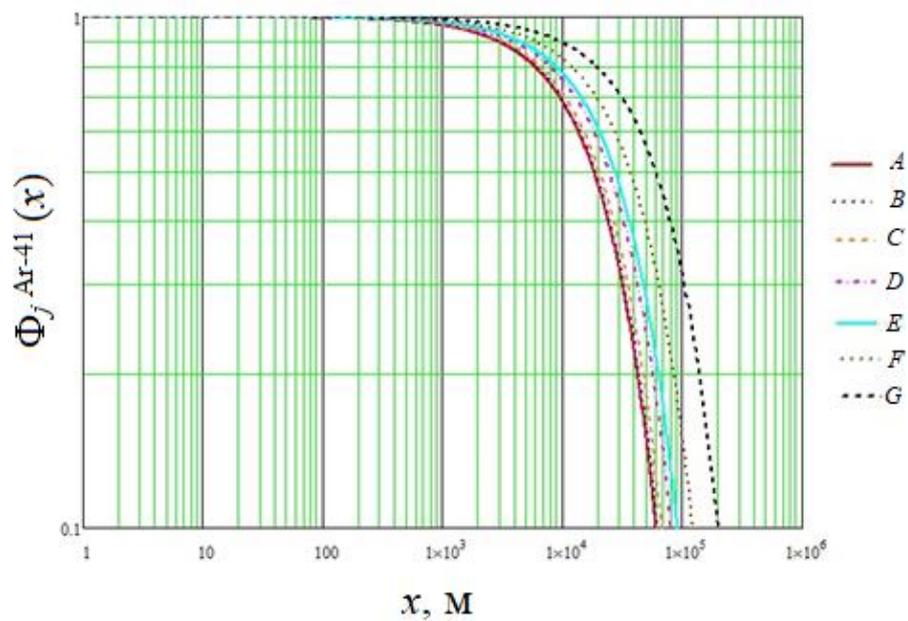


Рис. 3. Графики зависимостей функции истощения для ^{41}Ar от расстояния от источника для различных категорий устойчивости атмосферы

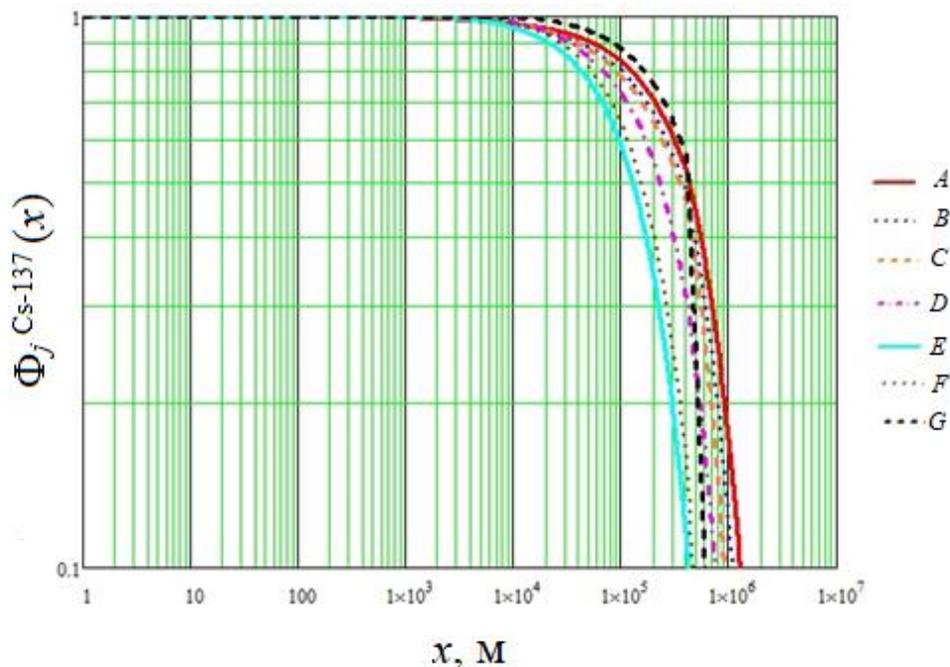


Рис. 4. Графики зависимостей функции истощения для ^{137}Cs от расстояния от источника для различных категорий устойчивости атмосферы

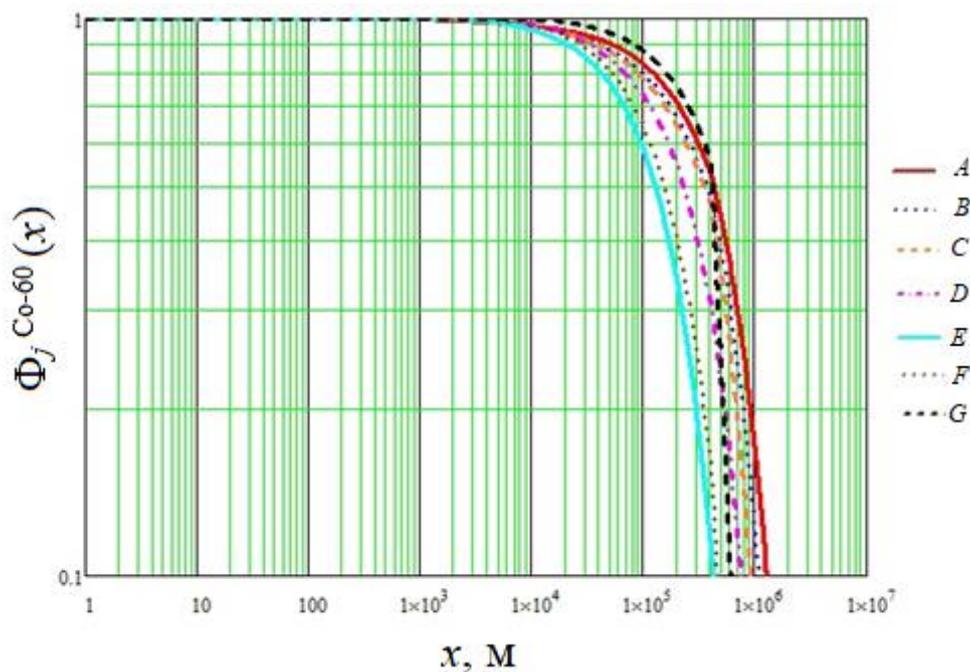


Рис. 5. Графики зависимостей функции истощения для ^{60}Co от расстояния от источника для различных категорий устойчивости атмосферы

10. На рисунках 6–13 приведены графики зависимостей среднегодовых метеорологических факторов разбавления, определяемых формулой (1) пункта 5 данного приложения, для каждого из восьми направлений ветра, приведенных в таблице № 20 настоящего приложения.

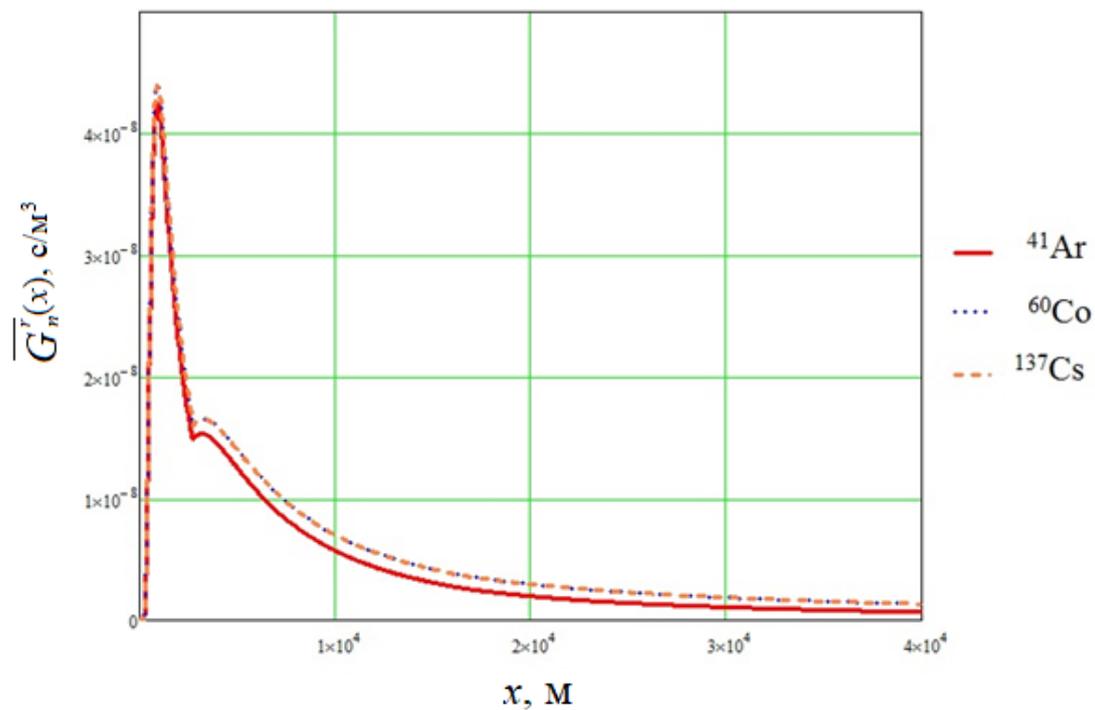


Рис. 6. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в южном направлении

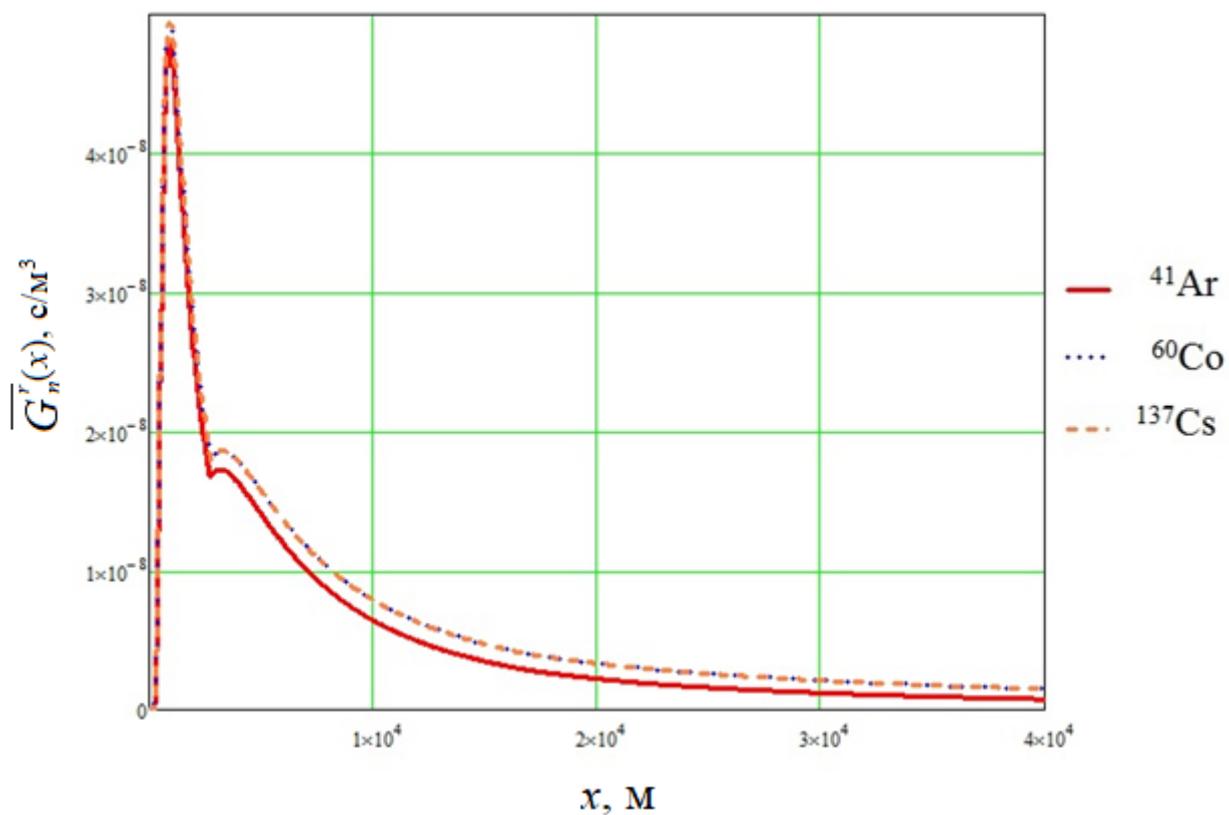


Рис. 7. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в юго-западном направлении

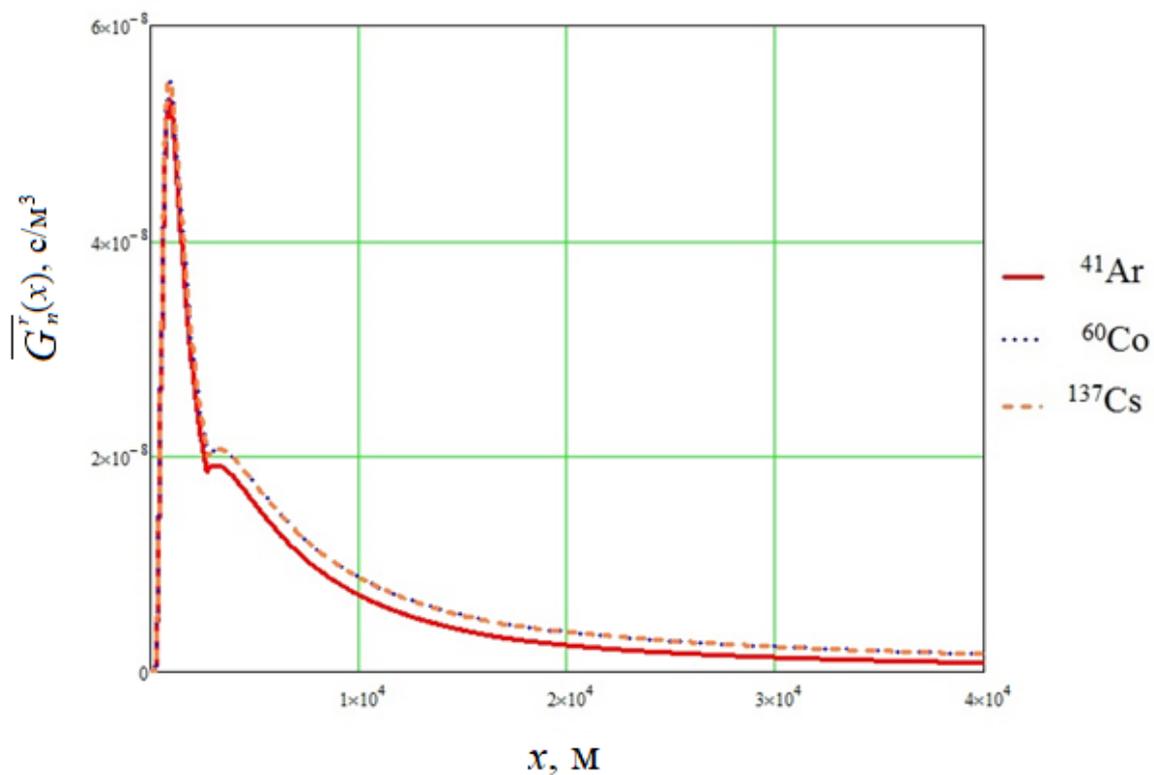


Рис.8. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в западном направлении

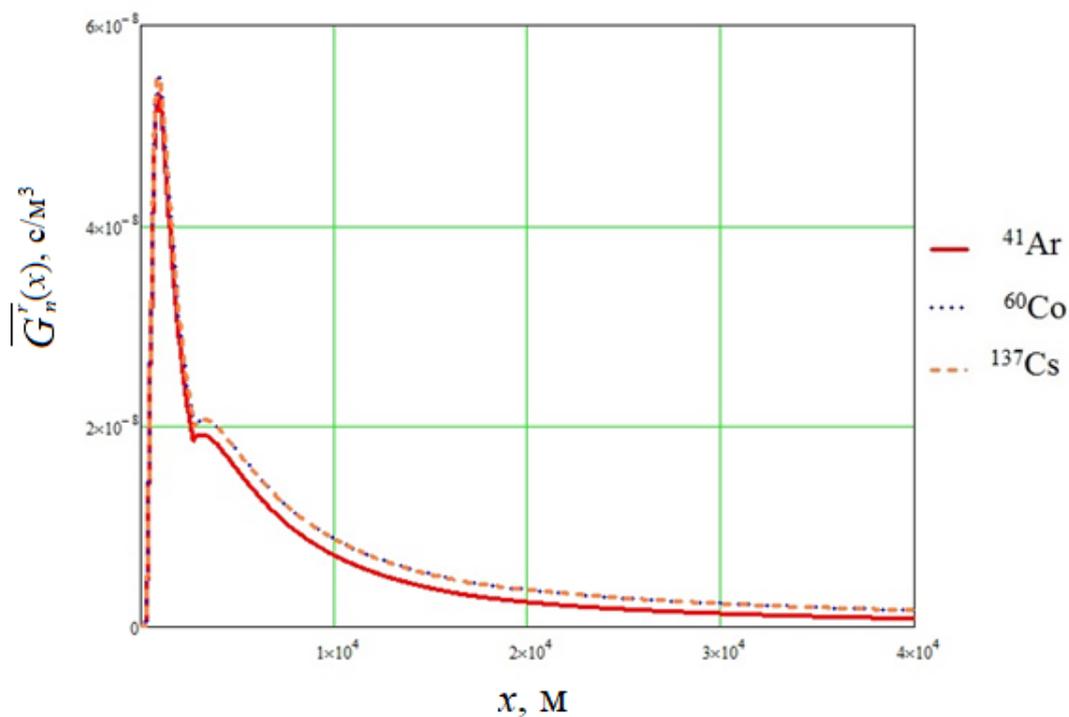


Рис. 9. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в северо-западном направлении

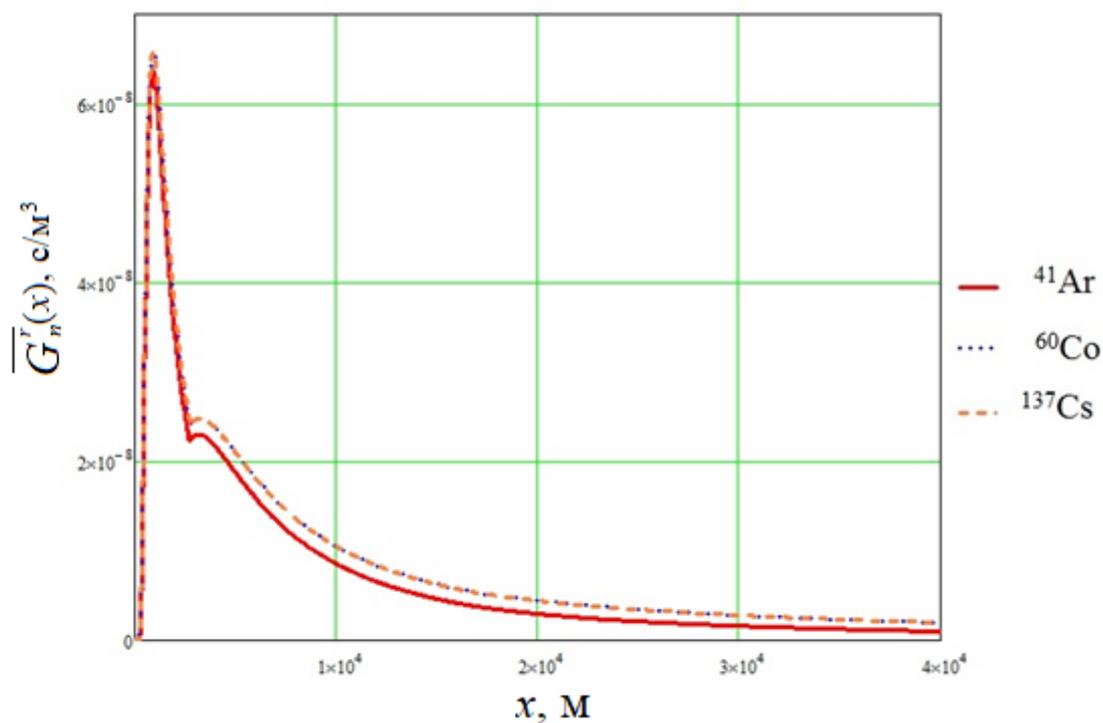


Рис. 10. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в северном направлении

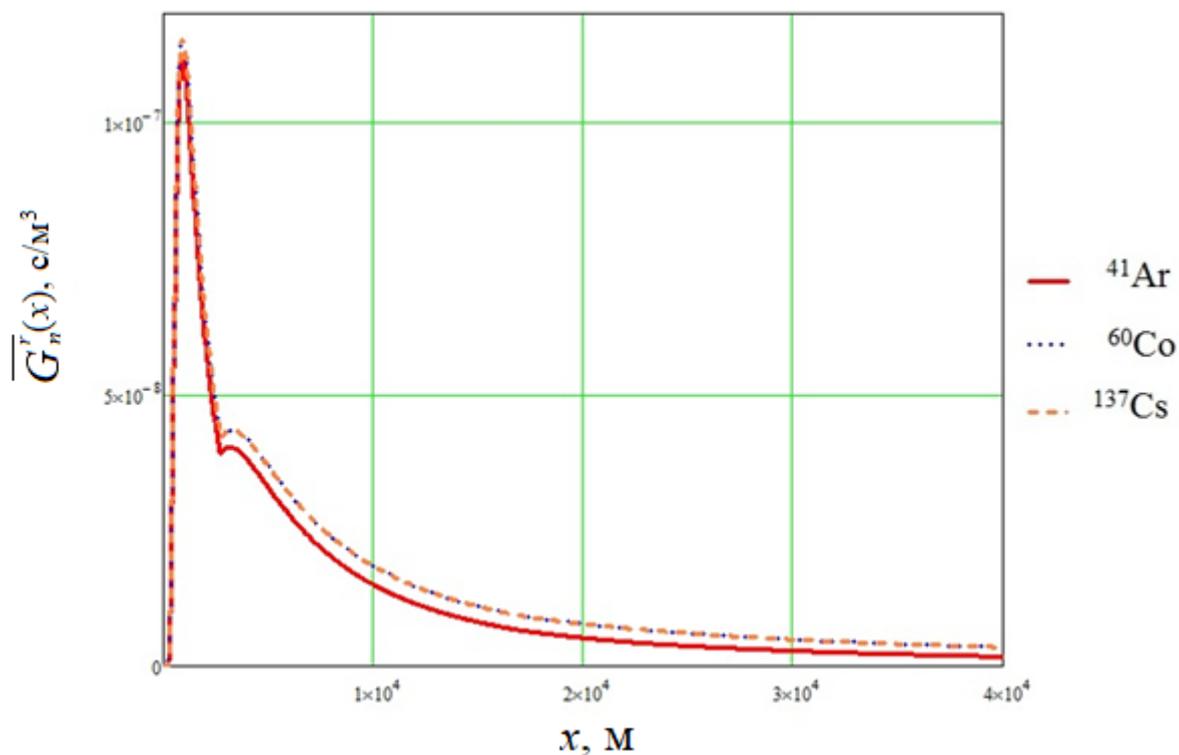


Рис. 11. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в северо-восточном направлении

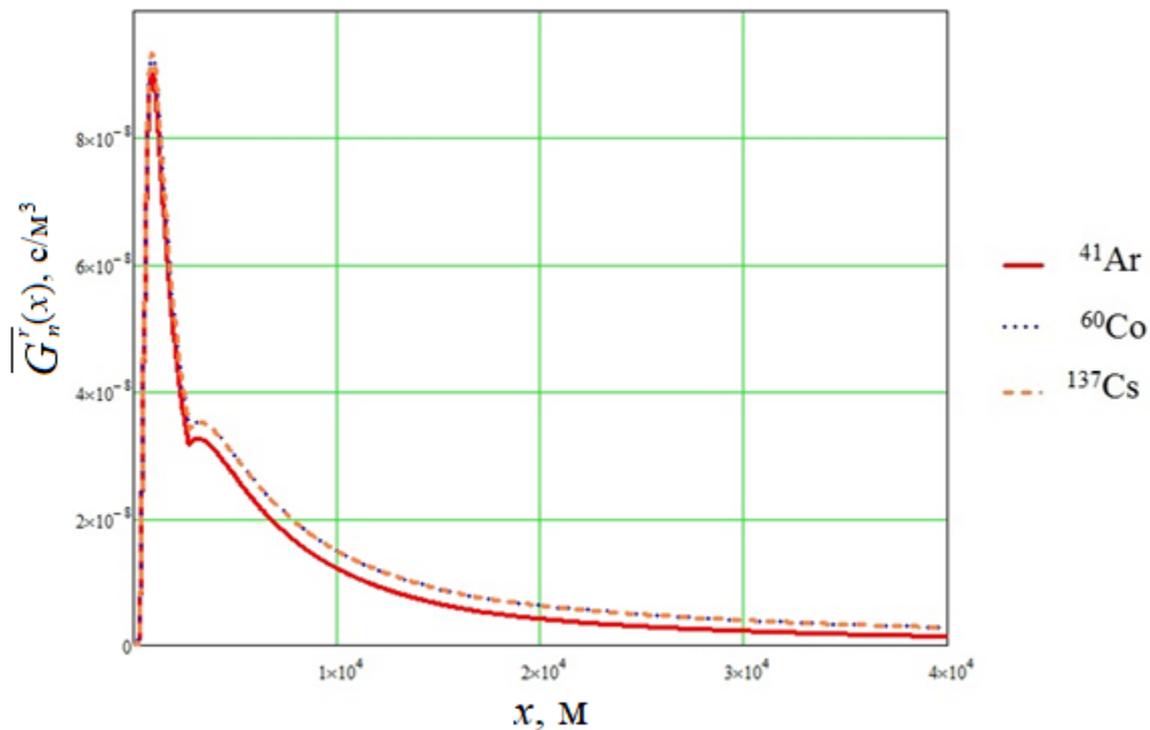


Рис. 12. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в восточном направлении

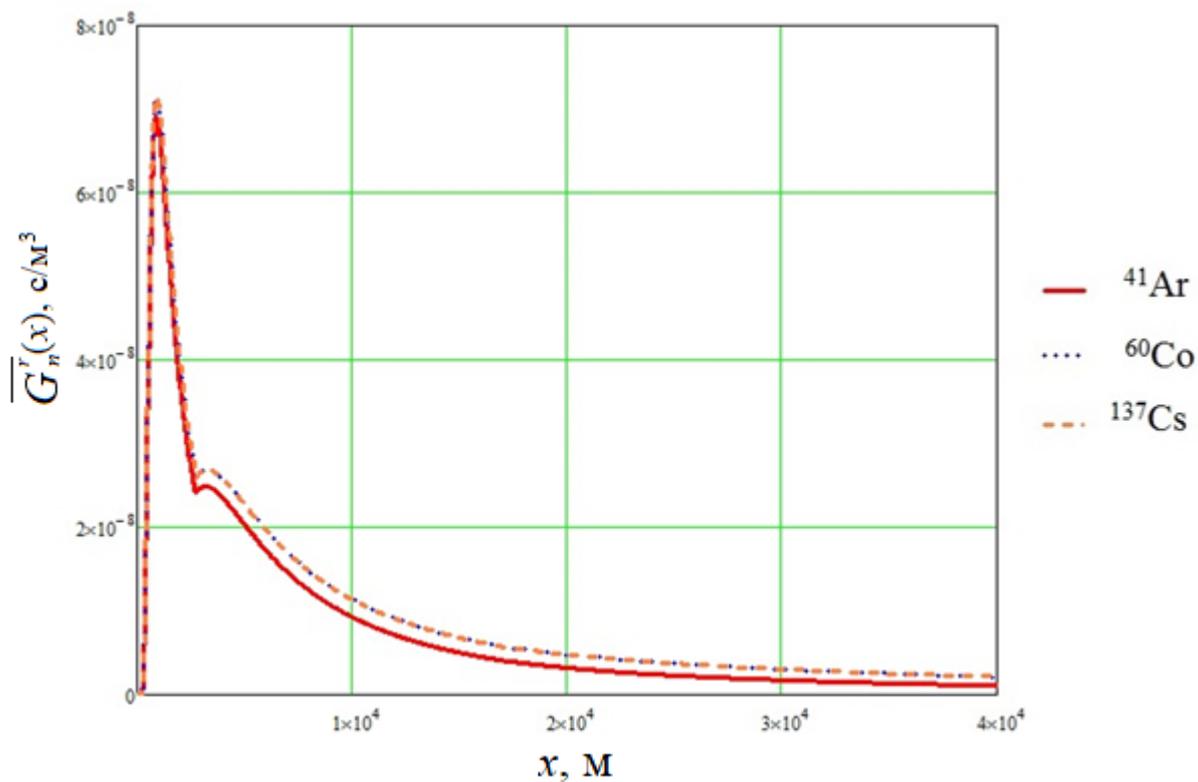


Рис. 13. Графики зависимостей фактора разбавления от расстояния от источника в юго-восточном направлении

Из анализа графиков, представленных на рисунках 6–13 настоящего приложения, следует, что максимальные значения факторов разбавления реализуются в северо-восточном направлении от источника.

11. В таблице № 25 настоящего приложения приведены рассчитанные значения $G_{r,n}^z(x)$ для ^{41}Ar , ^{60}Co и ^{137}Cs в северо-восточном направлении от источника выбросов, рассчитанные по формуле (5) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности.

Таблица № 25. Рассчитанные значения $G_{r,n}^z(x)$ для ^{41}Ar , ^{60}Co и ^{137}Cs в северо-восточном направлении от источника выбросов

Расстояние от источника x , м	$G_{r,n}^z(x)$, с/м ²		
	^{41}Ar	^{60}Co	^{137}Cs
500	$1,89 \cdot 10^{-4}$	$1,93 \cdot 10^{-4}$	$1,92 \cdot 10^{-4}$
1 000	$9,27 \cdot 10^{-5}$	$9,62 \cdot 10^{-5}$	$9,61 \cdot 10^{-5}$
1 500	$6,07 \cdot 10^{-5}$	$6,40 \cdot 10^{-5}$	$6,40 \cdot 10^{-5}$
2 000	$4,46 \cdot 10^{-5}$	$4,79 \cdot 10^{-5}$	$4,79 \cdot 10^{-5}$
3 000	$2,87 \cdot 10^{-5}$	$3,18 \cdot 10^{-5}$	$3,18 \cdot 10^{-5}$
4 000	$2,07 \cdot 10^{-5}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$
5 000	$1,59 \cdot 10^{-5}$	$1,89 \cdot 10^{-5}$	$1,89 \cdot 10^{-5}$
6 000	$1,28 \cdot 10^{-5}$	$1,57 \cdot 10^{-5}$	$1,57 \cdot 10^{-5}$
7 000	$1,06 \cdot 10^{-5}$	$1,35 \cdot 10^{-5}$	$1,35 \cdot 10^{-5}$
9 000	$7,61 \cdot 10^{-6}$	$1,04 \cdot 10^{-5}$	$1,04 \cdot 10^{-5}$
11 000	$5,77 \cdot 10^{-6}$	$8,48 \cdot 10^{-6}$	$8,48 \cdot 10^{-6}$
13 000	$4,52 \cdot 10^{-6}$	$7,14 \cdot 10^{-6}$	$7,14 \cdot 10^{-6}$
15 000	$3,63 \cdot 10^{-6}$	$6,17 \cdot 10^{-6}$	$6,17 \cdot 10^{-6}$

12. Рассчитанные в соответствии с формулами (3) и (4) приложения № 1 к настоящему Руководству по безопасности среднегодовые метеорологические факторы сухого осаждения $F_{r,n}(x)$ и влажного выведения $W_{r,n}(x)$ для ^{60}Co и ^{137}Cs в северо-восточном направлении от источника представлены в таблице № 26 настоящего приложения. Для ^{41}Ar значения этих функций равны нулю ввиду того, что значения скорости сухого осаждения и постоянной вымывания осадками для этого радионуклида равны нулю.

Таблица № 26. Рассчитанные значения $F_{r,n}(x)$ и $W_{r,n}(x)$ для ^{60}Co и ^{137}Cs

Расстояние от источника x , м	$F_{r,n}(x)$, м ⁻²	$W_{r,n}(x)$, м ⁻²
500	$4,49 \cdot 10^{-10}$	$2,50 \cdot 10^{-10}$

1 000	$9,13 \cdot 10^{-10}$	$1,25 \cdot 10^{-10}$
1 500	$7,06 \cdot 10^{-10}$	$8,32 \cdot 10^{-11}$
2 000	$5,14 \cdot 10^{-10}$	$6,22 \cdot 10^{-11}$
3 000	$3,44 \cdot 10^{-10}$	$4,13 \cdot 10^{-11}$
4 000	$3,33 \cdot 10^{-10}$	$3,09 \cdot 10^{-11}$
5 000	$2,95 \cdot 10^{-10}$	$2,46 \cdot 10^{-11}$
6 000	$2,55 \cdot 10^{-10}$	$2,05 \cdot 10^{-11}$
7 000	$2,20 \cdot 10^{-10}$	$1,75 \cdot 10^{-11}$
9 000	$1,67 \cdot 10^{-10}$	$1,35 \cdot 10^{-11}$
11 000	$1,31 \cdot 10^{-10}$	$1,10 \cdot 10^{-11}$
13 000	$1,06 \cdot 10^{-10}$	$9,29 \cdot 10^{-12}$
15 000	$8,80 \cdot 10^{-11}$	$8,02 \cdot 10^{-12}$

13. С учетом того, что в исходных данных принято, что санитарно-защитная зона представляет собой окружность радиусом 3 км с центром в точке расположения источника, формула (1) раздела II настоящего Руководства по безопасности для расчета функции перехода, связывающей активность выброса радионуклида r из i -го источника с годовой эффективной дозой облучения населения, примет следующий вид:

$$\Psi_r(x, n) = \begin{cases} \Psi_r^{\text{обл}}(x, n) + \Psi_r^{\text{пов}}(x, n) + \Psi_r^{\text{инг}}(x, n), & \text{если } x < 3 \text{ км} \\ \Psi_r^{\text{обл}}(x, n) + \Psi_r^{\text{пов}}(x, n) + \Psi_r^{\text{инг}}(x, n) + \Psi_r^{\text{пищ}}(x, n), & \text{если } x \geq 3 \text{ км.} \end{cases} \quad (2)$$

Функции перехода $\Psi_r^{\text{обл}}(x, n)$, $\Psi_r^{\text{пов}}(x, n)$, $\Psi_r^{\text{инг}}(x, n)$, $\Psi_r^{\text{пищ}}(x, n)$ рассчитываются по формулам (2), (3), (4) и (5) раздела II настоящего Руководства по безопасности.

14. В таблице № 27 приведены максимальные значения функций перехода $\Psi_r(x, n)$, связывающих величину годового выброса ^{41}Ar , ^{60}Co и ^{137}Cs с создаваемыми ими годовыми эффективными дозами, с указанием точки местности, где они реализуются.

Таблица № 27. Результаты расчета функций перехода

Радионуклид	$\Psi_r(x, n)$, Зв/Бк	Расстояние от источника (на северо-восток), м
^{41}Ar	$8,47 \cdot 10^{-21}$	930
^{60}Co	$1,34 \cdot 10^{-16}$	3 138
^{137}Cs	$1,41 \cdot 10^{-15}$	3 138

15. Полученные значения функций перехода можно использовать для расчета нормативов ПДВ с помощью соотношения:

$$\text{ПДВ}_{eff}^{r,i} = \frac{\xi_{r,i} \cdot \delta}{\sum_r \xi_r \cdot \Psi_{r,i}(x^{max}, y^{max})}$$