

5. ПРЕДЕЛЬНОДОПУСТИМАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ

Поступление - процесс попадания радионуклидов в организм ингаляционным или пероральным путем либо через кожу. Этот термин используется для обозначения активности радионуклида, поступившего в организм.

Предел годового поступления (ПГП) радионуклида - поступление данного радионуклида в течение года в организм условного человека, которое приводит к облучению в ожидаемой дозе, равной соответствующему пределу годовой эффективной (или эквивалентной) дозы.

Предел годового поступления (ПГП) - допустимый уровень поступления данного радионуклида в организм в течение года, который при монофакторном воздействии приводит к облучению условного человека ожидаемой дозой, равной соответствующему пределу годовой дозы.

Табл. 21. Классификация основных дозовых пределов, допустимых и контрольных уровней

Класс нормативов	Категория А (персонал)	Категория Б (ограниченная часть населения)
Основной дозовый предел	Предельно допустимая доза (ПДД)	Предел дозы (ПД)
Допустимые уровни	Предельно допустимое годовое поступление (ПДП) радионуклида через органы дыхания	Предел годового поступления (ПГП) радионуклида через органы дыхания и пищеварения
	Допустимое содержание (ДСА) радионуклида в критическом органе	Допустимое содержание (ДСБ) радионуклида в критическом органе
	Допустимая мощность дозы (ДМДА) излучения	Допустимая мощность дозы (ДМДБ) излучения
	Допустимая плотность потока частиц (ДПАА)	Допустимая плотность потока частиц (ДППБ)
	Допустимая объемная активность (концентрация) (ДКА) радионуклида в воздухе рабочей зоны	Допустимая объемная активность (концентрация) (ДКБ) радионуклида в атмосферном воздухе и воде
	Допустимое загрязнение кожных покровов, спецодежды и рабочих поверхностей (ДЗА)	
Контрольные уровни	Контрольное годовое поступление (КГПА) радионуклида через органы дыхания	Контрольное годовое поступление (КГПБ) радионуклида через органы дыхания и пищеварения
	Контрольное содержание (КСА) радионуклида в критическом органе	Контрольное содержание (КСБ) радионуклида в критическом органе
	Контрольная мощность дозы (КМДА) излучения	Контрольная мощность дозы (КМДБ) излучения
	Контрольная годовая доза (КГДА) внешнего облучения	Контрольная годовая доза (КГДБ) внешнего облучения
	Контрольная плотность потока частиц (КППА)	Контрольная плотность потока частиц (КППБ)
	Контрольная концентрация (ККА) радионуклида в воздухе рабочей зоны	Контрольная концентрация (ККБ) радионуклида в атмосферном воздухе и в воде
	Контрольное загрязнение поверхности (КЗА)	

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) - это максимальное количество вредного вещества в единице объёма (воздуха, воды или др. жидкостей) или веса (например, пищевых продуктов), которое при ежедневном воздействии в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает в организме каких-либо патологических отклонений, а также неблагоприятных наследственных изменений у потомства. Для установления ПДК используют расчётные методы, результаты биологических экспериментов, а также материалы динамических наблюдений за состоянием здоровья лиц, подвергшихся воздействию вредных веществ. Уровни ПДК одного и того же вещества различны для разных объектов внешней среды (например, в России для свинца и его неорганических соединений ПДК в воде водоёмов хозяйственно-питьевого назначения — 0,1 мг/л, в воздухе производственных помещений — 0,01 мг/м³, в атмосферном воздухе — 0,007 мг/м³). При нормировании ПДК учитывают воздействие вещества на людей любого возраста (в т. ч. и больных) в течение всей жизни, а также другие факторы (например, влияние на общий санитарный режим водоёма, возможности возникновения неприятных запахов в окружающем воздухе и т.д.).

Правилами по охране поверхностных вод определены отдельные ПДК для водоёмов хозяйственно-питьевого и рыбопромыслового назначения. Установлено, что принятые уровни ПДК веществ в атмосферном воздухе, рассчитанные на охрану здоровья человека, в ряде случаев недостаточны для охраны зелёных насаждений; современной гигиеной разрабатываются нормативы ПДК, учитывающие вредные влияния соответствующих веществ и на зелёные насаждения. Уровни ПДК включены в ГОСТы, санитарные нормы и др. нормативные документы, обязательные для исполнения на всей территории РФ; их учитывают при проектировании технологических процессов, оборудования, очистных устройств и пр. Санитарно-эпидемиологическая служба в порядке санитарного надзора систематически контролирует соблюдение нормативов ПДК в воде водоёмов хозяйственно-питьевого водопользования, атмосферном воздухе и в воздухе производственных помещений; контроль за состоянием водоёмов рыбопромыслового назначения осуществляют органы рыбнадзора.

Изотоп	Вода открытых водоёмов и источников водоснабжения	Воздух		
		рабочих помещений	санитарно-защитных зон	населенных пунктов
Таллий-202	2·10 ⁻⁸	2·10 ⁻¹⁰	2·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹²
Таллий-204	2·10 ⁻⁸	3·10 ⁻¹¹	3·10 ⁻¹²	3·10 ⁻¹³
Свинец-203	1·10 ⁻⁷	2·10 ⁻⁹	2·10 ⁻¹⁰	2·10 ⁻¹¹
Свинец-210	1·10 ⁻¹¹	3·10 ⁻¹⁴	3·10 ⁻¹⁵	3·10 ⁻¹⁶
Свинец-212	5·10 ⁻⁹	2·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹²	2·10 ⁻¹³
Висмут-206	1·10 ⁻⁸	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹¹	1·10 ⁻¹²
Висмут-207	2·10 ⁻⁸	1·10 ⁻¹¹	1·10 ⁻¹²	1·10 ⁻¹³
Висмут-210	1·10 ⁻⁸	6·10 ⁻¹²	6·10 ⁻¹³	6·10 ⁻¹⁴
Висмут-212	1·10 ⁻⁷	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹¹	1·10 ⁻¹²
Полоний-210	2·10 ⁻¹¹	1·10 ⁻¹⁴	1·10 ⁻¹⁵	1·10 ⁻¹⁶
Астатин-211	5·10 ⁻¹⁰	7·10 ⁻¹²	7·10 ⁻¹³	7·10 ⁻¹⁴
Торон-220	—	1·10 ⁻¹¹	3·10 ⁻¹²	1·10 ⁻¹²
Радон-222	—	3·10 ⁻¹¹	1·10 ⁻¹¹	3·10 ⁻¹²
Радий-223	2·10 ⁻¹⁰	2·10 ⁻¹³	2·10 ⁻¹⁴	2·10 ⁻¹⁵
Радий-224	7·10 ⁻¹⁰	7·10 ⁻¹³	7·10 ⁻¹⁴	7·10 ⁻¹⁵
Радий-226	5·10 ⁻¹¹	3·10 ⁻¹⁴	3·10 ⁻¹⁵	3·10 ⁻¹⁶
Радий-228	8·10 ⁻¹²	4·10 ⁻¹⁴	4·10 ⁻¹⁵	4·10 ⁻¹⁶
Активный-227	6·10 ⁻¹⁰	2·10 ⁻¹⁵	2·10 ⁻¹⁶	2·10 ⁻¹⁷
Активный-228	3·10 ⁻⁸	2·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹²	2·10 ⁻¹³
Торий-227	5·10 ⁻⁹	2·10 ⁻¹³	2·10 ⁻¹⁴	2·10 ⁻¹⁵
Торий-228	2·10 ⁻⁹	6·10 ⁻¹⁵	6·10 ⁻¹⁶	6·10 ⁻¹⁷
Торий-230	5·10 ⁻¹⁰	2·10 ⁻¹⁵	2·10 ⁻¹⁶	2·10 ⁻¹⁷
Торий-231	7·10 ⁻⁸	1·10 ⁻⁹	1·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹¹
Торий-232	1·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹⁵	2·10 ⁻¹⁶	2·10 ⁻¹⁷
Торий-232	0,1 мг/л	0,02 мг/м ³	2·10 ⁻³ мг/м ³	2·10 ⁻⁴ мг/м ³
Торий-234	5·10 ⁻⁹	3·10 ⁻¹¹	3·10 ⁻¹²	3·10 ⁻¹³
Природный торий	2·10 ⁻¹¹	5·10 ⁻¹⁵	5·10 ⁻¹⁶	5·10 ⁻¹⁷
Протактиний-230	0,1 мг/л	0,02 мг/м ³	2·10 ⁻³ мг/м ³	2·10 ⁻⁴ мг/м ³
Протактиний-231	7·10 ⁻⁸	8·10 ⁻¹³	8·10 ⁻¹⁴	8·10 ⁻¹⁵
Протактиний-233	3·10 ⁻¹⁰	1·10 ⁻¹⁵	1·10 ⁻¹⁶	1·10 ⁻¹⁷
Протактиний-233	3·10 ⁻⁸	2·10 ⁻¹⁰	2·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹²
Уран от 230 до 237	3·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹⁴	2·10 ⁻¹⁵	2·10 ⁻¹⁶
Уран-238	0,05 мг/л	0,02 мг/м ³	2·10 ⁻³ мг/м ³	2·10 ⁻⁴ мг/м ³
Уран-240	1·10 ⁻⁷	2·10 ⁻¹⁰	2·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹²
Природный уран	0,05 мг/л	0,02 мг/м ³	2·10 ⁻³ мг/м ³	2·10 ⁻⁴ мг/м ³
Плутоний-239	5·10 ⁻¹¹	2·10 ⁻¹⁵	2·10 ⁻¹⁶	2·10 ⁻¹⁷
Все изотопы: непутия, плутония (кроме плутония-239), америция, берклия, калифорния, кюрия	1·10 ⁻¹⁰	5·10 ⁻¹⁵	5·10 ⁻¹⁶	5·10 ⁻¹⁷

Табл. 22. Предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воде и воздухе, кюри/л. (Фрагмент таблицы, которая полностью приведена в книге А.А.Моисеев, В.И.Иванов «Краткий справочник по радиационной защите и дозиметрии», Атомиздат, 1964, с.111.

В нормах радиационной безопасности, НРБ-99 (см. следующие лекции) регламентировано значение предельно допустимого поступления только через органы дыхания, поскольку в производственных условиях доминирующим является ингаляционный путь поступления радиоактивных веществ. Значения пределов годового поступления радионуклида через органы дыхания и пищеварения установлены не только для ингаляционного, но и для перорального пути поступления, поскольку для лиц категории Б возможно попадание радиоактивных веществ в организм не только через органы дыхания, т.к. кроме атмосферного воздуха может произойти загрязнение радиоактивными веществами водоёмов, почвы и растительности. Регламентированные пределы годового поступления служат основой для установления зон разрывов и допустимых выбросов радиоактивных газов и аэрозолей из труб АЭС и атомных предприятий, а также для установления возможности и масштабов использования загрязненной радионуклидами воды и продуктов питания в случае возникновения такой необходимости.

Очевидно, что уровень поступления радиоактивных веществ в организм в первую очередь зависит от их концентрации в воздухе рабочих помещений и объектах окружающей среды, измерить которую значительно проще, чем уровень поступления или содержание их в организме. Поэтому для осуществления оперативного радиационного контроля внутреннего облучения установлена среднегодовая допустимая концентрация радионуклидов в воздухе рабочих помещений ДКА (категория А) и допустимая концентрация ДКБ радионуклидов в атмосферном воздухе и в воде открытых водоемов для ограниченной части населения (категория Б).

$$\text{ПДП} = 10^6 \text{ДКА } Q,$$

где Q — объем вдыхаемого воздуха (л) за время пребывания в рабочих помещениях.

Аналогичным образом связаны между собой ДКБ и предел годового поступления.

Среднегодовые значения ДКА и ДКБ рассчитываются для стандартных условий. Принимается, что объем вдыхаемого воздуха персоналом за календарный год (1700 ч) $Q = 2,5 \times 10^6$ л. Для категории Б $Q = 7,3 \times 10^6$ л в год; исходят из продолжительности возможного облучения 8800 ч в год. Потребляемое взрослым человеком количество воды (включая входящее в пищевые продукты) равно 800 л в год (2,2 л в сутки). ДКБ в воздухе и воде установлены при условии поступления данного радионуклида в организм только с вдыхаемым воздухом и питьевой водой, не учитывая накопление радионуклида на местности, его миграцию по биологическим цепочкам и последующее поступление в организм человека с пищей.

Табл. 23. Значения предельно допустимых концентраций для радионуклидов.

Нуклид, N	Период полураспада, $T_{1/2}$ лет	Выход при делении урана, %	Допустимая концентрация, Ки/л		Допустимая концентрация	
			в воздухе	в воздухе	в воздухе, Бк/м ³	в воде, Бк/кг
Тритий-3 (окись)	12,35	-	$3 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-6}$	$7,6 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^4$
Углерод-14	5730	-	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$8,2 \cdot 10^{-7}$	$2,4 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^3$
Железо-55	2,7	-	$2,9 \cdot 10^{-11}$	$7,9 \cdot 10^{-7}$	$1,8 \cdot 10^2$	$3,8 \cdot 10^3$
Кобальт-60	5,27	-	$3 \cdot 10^{-13}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^1$	$3,7 \cdot 10^2$
Криптон-85	10,3	0,293			$3,5 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^3$
Стронций-90	29,12	5,77	$4 \cdot 10^{-14}$	$4 \cdot 10^{-10}$	5,7	$4,5 \cdot 10^1$
Иод-129	$1,57 \cdot 10^{+7}$	-	$2,7 \cdot 10^{-14}$	$1,9 \cdot 10^{-10}$	3,7	$1,1 \cdot 10^1$
Иод-131	8,04 сут	3,1	$1,5 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1,8 \cdot 10^1$	$5,7 \cdot 10^1$
Цезий-135	$2,6 \cdot 10^{+6}$	6,4			$1,9 \cdot 10^2$	$6,3 \cdot 10^2$
Свинец-210	22,3	-	$2 \cdot 10^{-15}$	$7,7 \cdot 10^{-11}$	$1,5 \cdot 10^{-1}$	1,8
Радий-226	1600	-	$8,5 \cdot 10^{-16}$	$5,4 \cdot 10^{-11}$	$8,6 \cdot 10^{-3}$	4,5
Уран-238	$4,47 \cdot 10^{+9}$	-	$2,2 \cdot 10^{-15}$	$5,9 \cdot 10^{-10}$	$2,8 \cdot 10^1$	$7,3 \cdot 10^{-1}$
Плутоний-239	$2,4 \cdot 10^{+4}$	-	$3 \cdot 10^{-17}$	$2,2 \cdot 10^{-9}$	$9,1 \cdot 10^{-3}$	5