## Защита среды здания от радиации

Облучение или радиационное поражение живых организмов связано с воздействием излучения коротких длин волн – рентгеновских лучей, гамма-лучей. Эти виды лучей представляют собой ионизирующее излучение. При взаимодействии ионизирующего излучения с веществом происходит его ионизация, то есть образование положительных и отрицательных ионов. Если веществом является биологическая ткань, под воздействием ионов происходят изменения в клетках организма. Эти изменения являются причиной лучевой болезни, онкологических заболеваний.

Ионизирующее излучение возникает при распаде ядер радиоактивных элементов. Известно 1500 природных и искусственных веществ – радионуклидов, обладающих радиоактивностью. Радиоактивность (от латинского radio – излучаю, activus − действенный) – способность некоторых атомных ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра с испусканием заряженных частиц. Эти заряженные частицы являются непосредственно ионизирующим излучением. Процесс радиоактивного распада порождает так называемое косвенное ионизирующее излучение, которое не имеет заряда. Это электромагнитное излучение высокой энергии – фотонное излучение. Фотоном называется квант энергии электромагнитного излучения высокой частоты. Фотонное излучение искусственного происхождения называется рентгеновским (x-Ray). Естественное фотонное излучение называется гамма-излучением.

Причины облучения людей связаны с содержанием природных радионуклидов в грунтовых основаниях зданий и в стройматериалах, с эксплуатацией АЭС. Основной вклад в дозу облучения населения ионизирующим излучением вносят природные источники. При этом 70 % общей дозы облучения население развитых стран получает в помещениях жилых, общественных и производственных зданий. Радиационный фон в помещениях зданий обусловлен двумя причинами:

* гамма-излучением естественных радионуклидов, находящихся в строительных материалах;
* присутствием в воздухе помещений радиоактивных газов радона и торона и дочерних продуктов их распада.

К радионуклидам, содержащимся в строительных материалах, относятся уран-238, торий-232 с дочерними продуктами их распада и калий-40. Уран-238 и торий-232 являются родоначальниками радиоактивных семейств (рядов).

Газообразными радионуклидами уранового и ториевого рядов являются газы радон (Rn-222) и торон (Rn-220). Гамма-излучение вызывает внешнее, а радиоактивные газы − внутреннее и внешнее облучение людей. Радон и торон поступают в организм человека с воздухом, облучая его легкие. В странах СНГ ежегодно от «радонового» рака умирает 15 тыс. человек.

***Характеристика радиоактивности радионуклидов и доз облучения людей*** приведена в документе «Нормы радиационной безопасности. НРБ-99». Характеристикой радионуклида является его активность *А* – это мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени:

*А = dN / dt ,*

где *dN* – число ядерных превращений (распавшихся ядер) за промежуток времени *dt*. Единица измерения активности в системе СИ – беккерель (1 Бк=1 расп./с).

***Удельной (объемной) активностью* называется отношение активности *А* радионуклида в веществе к массе *m* (объему *V*) вещества:**

*Аm = A/m ; АV = A/V .*

**Единица измерения удельной активности – Бк/кг. Единица объемной активности – Бк/м3.**

Радиоактивные изотопы радона Rn-222 (газ радон) и Rn-220 (газ торон) распадаются по цепочкам с образованием короткоживущих изотопов радона. ***Эквивалентной равновесной объемной активностью* дочерних продуктов изотопа радона Rn-222 (*ЭРОАRn)* и Rn-220 (*ЭРОАTn*) называется взвешенная сумма объемных активностей короткоживущих дочерних продуктов изотопов радона:**

*ЭРОАRn =* 0,10*АRaA* + 0,52*АRaB* + 0,38*АRaC* , *ЭРОАTn* = 0,91*АThB* + 0,09*АThC* ,

где *Аi* – объемные активности дочерних изотопов радона.

*Эквивалентная доза HT,R* – это поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент для данного вида излучения*, WR*:

*HT,R = WR DTR* ,

где *WR* – взвешивающий коэффициент для излучения *R*, для *γ* -излучения *WR* = 1; *DTR* – средняя поглощенная доза в органе или ткани *Т*. Поглощенная доза представляет собой энергию ионизирующего излучения, переданную веществу (органу или ткани). Единицей эквивалентной дозы является зиверт **(1 Зв = 1 Дж/кг).**

При воздействии различных видов излучения эквивалентная доза определяется как сумма эквивалентных доз для этих видов излучения:

**.

*Эффективной дозой Е* называется величина, используемая как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет собой сумму произведения эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие коэффициенты:

**,

где *WT* – взвешивающий коэффициент для органа или ткани, учитывающий их различную чувствительность к радиации:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| гонады …………………  костный мозг ………….  толстый кишечник …....  легкие ………………….  желудок ………………..  мочевой пузырь ………. | 0,20;  0,12;  0,12;  0,12;  0,12;  0,05; | грудная железа…………………  печень……………………..……  пищевод………………………..  щитовидная железа …………...  кожа ……………………………  клетки костных поверхностей ..  остальное ……………………… | 0,05;  0,05;  0,05;  0,05;  0,01;  0,01;  0,05. |

Единица измерения эффективной дозы – зиверт (Зв).

***Радиоактивное загрязнение среды здания.*** *Радиоактивность строительных материалов.* Практически все строительные материалы в той или иной степени радиоактивны. **Оценка радиационного качества строительных материалов проводится по эффективной удельной активности Аэфф, представляющей собой сумму удельных активностей естественных радионуклидов: радия (Ra-226), тория (Th-232) и калия (К-40):**

*Аэфф*= *АRa* + 1,3*АTh* + 0,09*АК* .

Значения эффективной удельной активности радионуклидов *Аэфф* в некоторых строительных материалах приведены в таблице.

Наиболее высокие удельные активности радионуклидов имеют породы вулканического происхождения (гранит, туф, пемза), а наиболее низкие − осадочные, карбонатные породы (мрамор, известняк). Повышенная активность радионуклидов характерна для глин, керамзита, красного кирпича. Радиоактивность бетона зависит от активности его наполнителей и может меняться в достаточно большом диапазоне значений.

В строительстве используются материалы, добываемые на месторождениях (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.), а также материалы, являющиеся побочными продуктами промышленности и отходами промышленного производства (золы, шлаки и пр).

В настоящее время в России действуют нормы радиационной безопасности, НРБ -99. **Согласно требованиям этих норм в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях могут использоваться строительные материалы (I класса), в которых *Аэфф ≤* 370Бк/кг.**

***Радиоактивные газы.*** Радон поступает в помещение из грунта, на котором построено здание (60 %), а также из строительных материалов и конструкций (25 %). **Радон (Rn –222) является продуктом распада радия (Rа –226). Благодаря относительно большому периоду полураспада (3,8 сут.), происходит эксхаляция (выход) части радона, образующегося в объеме строительного материала, в воздух помещения.**

Таблица

**Эффективная удельная активность радионуклидов,**

**присутствующих в строительных материалах**

|  |  |
| --- | --- |
| Строительные материалы | Аэфф, Бк/кг |
| Материалы природного происхождения  Песок  Гравий  Глина  Щебень:  гранитный  песчаный и смешанный  известковый | 36  59  102  127  72  22 |
| Материалы промышленного происхождения  Известь  Кирпич силикатный  Бетон  Цемент  Кирпич керамический  Керамзит | 19  34  58  69  133  140 |
| Побочные продукты и отходы  Колчеданные огарки (химическая промышленность)  Шлак конверторный (черная металлургия)  Фосфогипс (химическая промышленность)  Хвосты (горнообогатительные комбинаты)  Шлак (цветная металлургия)  Шлак доменный (черная металлургия)  Шлак (ТЭЦ)  Зола ТЭЦ  Фосфорные шлаки (химическая промышленность) | 26  38  60  62  65  153  194  204  224 |

**Торон (Rn –220) является продуктом распада радия (Ra-224). Торон имеет значительно меньший период полураспада (55,5 с) по сравнению с радоном, поэтому его поступление в воздух помещений возможно только из поверхностного слоя стен и перекрытий. В связи с этим объемная концентрация торона в воздухе помещений оказывается значительно меньше концентрации радона.**

Содержание дочерних изотопов радона и торона в воздухе помещений регламентируется их среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активностью (ЭРОА). В воздухе помещений эксплуатируемых жилых зданий ЭРОА не должна превышать 200 Бк/м3.

***Радиационный фон* (гамма-фон) в помещениях зданий составляет:** в целом по стране – 440 мкЗв/год, в Омской области – 605 мкЗв/год. Средний уровень облучения в деревянных домах равен 290 мкЗв/год. В современных каменных зданиях он может быть выше или ниже этой дозы. **Дозовые пределы величины интенсивности ионизирующего излучения для людей, проживающих в зданиях, не должны превышать 1 мЗв/год (1000 мкЗв/год) в среднем за 5 лет, но не более 5 мЗв в год.** Гамма-фон в помещении регламентируется изменением мощности эффективной дозы гамма-излучения. В соответствии с НРБ-99 мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещении жилых и общественных зданий не должна превышать мощность дозы на открытой местности более чем на 0,3 мкЗв/ч при проектировании новых зданий и 0,2 мкЗв/ч в эксплуатируемых зданиях.

***Требования радиационной гигиены* должны соблюдаться на всех этапах создания зданий.** При выборе территории застройки следует учитывать гамма-фон местности, радиационный состав грунта и скорость эксхаляции радона из него. В процессе проектирования зданий необходимо определить требования к радиационному качеству строительных материалов и конструкций и выбрать проектные решения, ограничивающие поступления радона внутрь помещений. Нормируемыми показателями радиационной безопасности на стадии проектирования зданий являются:

* эффективная удельная активность природных радионуклидов в строительных материалах;
* мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещении по сравнению с открытой местностью;
* среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних изотопов радона и торона.

В построенных и эксплуатируемых зданиях радиационный контроль ведется по определению мощности эффективной дозы гамма-излучения в помещениях и среднегодовой эквивалентной равновесной объемной активности дочерних изотопов радона и торона в них. **Если ЭРОА радона и торона больше 200 Бк/м3, а мощность дозы гамма-излучения выше гамма-фона открытой местности на 0,2 мкЗв/ч, необходимо проводить защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений.**

***Мероприятия по охране помещений зданий от радиоактивного загрязнения*** включают:

1. отказ от использования в строительстве зданий материалов с высокой эффективной удельной активностью радионуклидов. Эти материалы могут быть использованы в дорожном строительстве, а также для изготовления изделий, устанавливаемых вне замкнутых помещений (бетонные столбы, шпалы и др.);
2. тщательную герметизацию контактирующих с грунтом участков построек и своевременная ликвидация трещин; герметизацию мест прохождения труб и других коммуникаций через междуэтажные перекрытия;
3. интенсивную вентиляцию зданий, особенно подвалов и нижних этажей. Важно, чтобы воздухообмен осуществлялся непосредственно с атмосферным воздухом;
4. нанесение защитных покрытий на стены и полы помещений (например, краски на эпоксидной основе, нескольких слоев масляной краски);
5. использование радоноизолирующих облицовочных и отделочных материалов (например, специальных пластиковых материалов, гипсополимерных плиток, полимерных пленок, нанесенных на обои и др.).

Рассмотрим мероприятия, известные в практике строительства, по изоляции помещений зданий от радона, эксхалирующего из грунта.

* + Если участок площади застройки небольшой, верхнюю часть грунтового основания (насыпной грунт или песчано-гравийную смесь) заменяют слоем уплотненной глины толщиной не менее 1м. Глина может быть пропитана составом на основе цементного, битумного или латексного связующих. Для дополнительного уплотнения на выровненные откосы и дно котлована наносят слой асфальта толщиной 2…3 см. При реконструкции грунтового основания следует принимать меры, исключающие появление грунтовых вод над глинобитным слоем, а также осадку фундамента.
  + Снижение газопроницаемости глины и песка в неэксплуатируемых подвалах зданий с небольшими заглублениями может быть достигнуто пропиткой уплотняющим составом на глубину не менее 10 см.
  + Функцию противорадоновой защиты может выполнять сплошная монолитная железобетонная плита, которая является фундаментом, подвальным полом или перекрытием. Плита должна быть водо- и газонепроницаема. При этом защита плавающими плитами подвального пола, которые устанавливаются после возведения фундаментальных стен, менее эффективна по сравнению с защитной монолитной плитой, на которую опираются стены.
  + Создание зоны пониженного давления в грунтовом основании подвального пола с помощью специальной системы принудительной вытяжной вентиляции. Система включает одну подземную трубу на 100 м2 защищаемой площади и вентиляторы низкого давления в герметичном корпусе с производительностью 150…250 м3/ч. Не допускается установка таких вентиляторов в подвальных и служебных помещениях. Описанная система защиты не должна быть связана с системой вентиляции жилых и служебных помещений.
  + Для предотвращения проникновения радона через швы между стенами и перекрытиями используются противоизоляционные слои из полиэтиленовой пленки или рубероида. Эти слои наносятся на эпоксидную, поливинилхлоридную или алкидноуретановую основу.

Радоновые эманации известны во многих регионах нашей страны, в том числе в городах: Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске. Юг Сибири отнесен к территориям, потенциально опасным по радону.