

Лабораторная работа

РАДИОАКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Все живое на Земле подвергается непрерывному облучению за счет естественных источников излучения. Наибольшую дозу человек получает от естественных источников радиации (около 78 %).

Значительную часть этой дозы человек получает во время нахождения в жилых и производственных помещениях, где, по оценкам Научного комитета по действию атомной радиации ООН, жители промышленно развитых стран проводят около 80 % времени. В помещениях человек подвергается воздействию как внешнего гамма-излучения, обусловленного содержанием естественных радионуклидов в строительных материалах, так и внутреннего, связанного с вдыханием содержащихся в воздухе радона и дочерних продуктов его распада.

Природный радиационный фон формируется космическим излучением, излучением от естественных радионуклидов, находящихся в почве, воде, пище и воздухе. В настоящее время известно около 80 естественных радионуклидов, формирующих радиоактивность биосферы. По происхождению их делят на три группы:

Естественные радиоактивные элементы и изотопы распространены на Земле в ничтожных количествах и содержатся в твердых породах земной коры, в воздухе, в воде, а также в растительных и животных организмах. Они вошли в состав Земли с самого ее образования. В облучении человека и других организмов заметную роль играет калий-40 и радиоактивный газ радон, который состоит из нескольких изотопов (Rn-220, Rn-222 и др.). В природном калии содержится 0,0118% радиоактивного K-40. Концентрация естественных радионуклидов в природной среде варьирует в широких пределах. Больше всего в земной коре ^{40}K (от 0,33 до 2,64 %).

Изотопы радона являются промежуточными продуктами в рядах распада урана и тория. Согласно оценке Научного Комитета по действию атомной радиации (НКДАР) ООН, радон вместе со своими дочерними продуктами радиоактивного распада ответственен примерно за **3/4 годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения**, получаемой населением планеты от земных источников радиации. Большую часть этой дозы человек получает с вдыхаемым воздухом, особенно в непроветриваемом и подвальном помещениях.

Концентрация радона в воздухе зависит, в первую очередь, от геологической обстановки (так, граниты, в которых много урана, являются активными источниками радона, в то же время над поверхностью

морей радона мало), а также от погоды (во время дождя микротрещины, по которым радон поступает из почвы, заполняются водой; снежный покров также препятствует доступу радона в воздух).

Концентрация радона в воздухе в жилых домах и рабочих помещениях существенно различается в зависимости от того, какие строительные материалы использованы для их постройки. Так, в домах, построенных из дерева, кирпича и бетона, концентрация радона в воздухе составляет соответственно 15, 40, 116 Бк/л. Причина различий – неодинаковое содержание в стройматериалах ^{226}Ra , предшественника радона. На концентрацию радона в воздухе влияет интенсивность воздухообмена. При плохой вентиляции концентрация может увеличиться в несколько раз и более (до 100 раз при выключенной вентиляции).

Установлено, что выбросы радона происходят на территориях, характеризующихся геологическими разломами почвы. На территории отдельных мест Микашевичского и Ганцевичского районов наблюдается высокий уровень выхода радона. В Брестской, Гродненской и Минской областях также замечены повышенные выбросы этого радиоактивного газа. Есть данные, что концентрация радона в почвенном воздухе может достигнуть 6 000 Бк/м³ и более. Обычная же доза внутри жилого помещения не превышает 10-30 Бк/м³.

Потенциально радоноопасными являются прежде всего подвалы и первые этажи. Зимой радоноопасность возрастает, так как земля под зданием не промерзает, поток радона из грунта не уменьшается, а проветривание помещений в должной мере не производится. Уровень радона в подвалах может составлять 30-50 Бк/м³. Это не представляет опасности, если человек получает такую дозу недлительное время. В квартирах иногда наблюдается повышенная концентрация радона в ваннных комнатах. Это обусловлено выходом радона из водной фазы в воздушную.

В нашей стране при новом строительстве обязательно проводится измерение радона в почве, а стройматериалы проходят тщательный контроль.

В странах с повышенной радоноопасностью (Швеция, Финляндия и др.) осуществляется принудительная герметизация и вентилирование подвалов.

Согласно санитарным нормам и правилам «Требования к радиационной безопасности» при проектировании новых административных и общественных зданий, жилых помещений должно быть предусмотрено, чтобы среднегодовая эквивалентная равновесная объемная

активность дочерних продуктов изотопов радона (^{222}Rn и ^{220}Rn) в воздухе помещений $\text{ЭРОА}_{\text{Rn}} + 4,6\text{ЭРОА}_{\text{Rn-220}}$ не превышала 100 Бк/м^3 , а мощность эффективной дозы гамма-излучения не превышала мощность дозы на открытой местности более чем на $0,2 \text{ мкЗв/ч}$.

В воздухе эксплуатируемых жилых помещений среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность дочерних продуктов изотопов радона (^{222}Rn и ^{220}Rn) $\text{ЭРОА}_{\text{Rn}} + 4,6\text{ЭРОА}_{\text{Rn-220}}$ не должна превышать 200 Бк/м^3 . При более высоких значениях объемной активности должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух жилых помещений и улучшение вентиляции жилых помещений. Защитные мероприятия должны проводиться также, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в жилых помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на $0,2 \text{ мкЗв/ч}$.

Нормирование содержания природных радионуклидов основывается на общих принципах радиационной защиты, выработанных Международной комиссией по радиационной защите (МКРЗ). В частности, принцип снижения доз облучения до разумно низкого уровня с учетом экономических и социальных факторов полностью применим к нормированию природных радионуклидов. Из этого следует, что ограничения должны быть тем жестче, чем легче достигается снижение доз.

В статье 13 закона Республики Беларусь «О радиационной безопасности населения» указано, что облучение населения и работников (персонала), обусловленное содержанием радона и гамма-излучением природных радионуклидов в жилых и производственных помещениях, не должно превышать установленные нормативы.

В целях защиты населения и работников от влияния природных радионуклидов должны осуществляться:

- выбор земельных участков для строительства зданий и сооружений с учетом уровня выделения радона из почвы и гамма-излучения;
- проектирование и строительство зданий с учетом предотвращения поступления радона в воздух этих помещений;
- проведение производственного контроля строительных материалов, приема зданий и сооружений в эксплуатацию с учетом уровня содержания радона в воздухе помещений и гамма-излучения природных радионуклидов;
- эксплуатация зданий и сооружений с учетом уровня содержания радона в них и гамма-излучения природных радионуклидов.

При невозможности соблюдения нормативов содержания радона

и гамма-излучения природных радионуклидов в зданиях и сооружениях должен быть изменен характер их использования.

Измерение и контроль за содержанием радона в жилых и общественных зданиях осуществляют специалисты отделов радиологии областных центров гигиены и эпидемиологии и общественного здоровья.

Для принятия решения об использовании строительных материалов необходимо знать значения их удельной эффективной активности.

Удельная эффективная активность ($A_{эфф}$) природных радионуклидов в строительных материалах, добываемых на их месторождениях (щебень, гравий, песок, бутовый и пиленный камень, цементное и кирпичное сырье и пр.) или являющихся побочным продуктом промышленности, а также отходы промышленного производства, используемые для изготовления строительных изделий (зола, шлаки и пр.), не должны превышать:

- для материалов, используемых во вновь строящихся жилых и общественных зданиях (I класс):

$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,30 A_{Th} + 0,09 A_K < 370$ Бк/кг,
где A_{Ra} и A_{Th} – удельная активность ^{226}Ra и ^{232}Th , находящаяся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого семейства.

A_K – удельная активность калия (Бк/кг);

- для материалов, используемых в дорожном строительстве в пределах территории населенных пунктов и зон перспективной застройки, а также при возведении производственных зданий (II класс):

$A_{эфф} < 740$ Бк/кг;

- для материалов, используемых в дорожном строительстве вне населенных пунктов (III класс):

$A_{эфф} < 1500$ Бк/кг;

- при 1500 Бк/кг $< A_{эфф} < 4000$ Бк/кг (IV класс) вопрос об использовании материалов решается в каждом случае отдельно по согласованию с Республиканским органом санитарно-эпидемиологической службы Министерства здравоохранения Республики Беларусь.

При $A_{эфф} > 4000$ Бк/кг материалы не должны использоваться в строительстве.

Цель работы: оценить удельную эффективную активность ($A_{эфф}$) природных радионуклидов в строительных материалах.

Материалы и оборудование: гамма-радиометр РКГ-АТ 1320, контрольная проба КС1, пробы строительных материалов, весы лабораторные, сосуды Маринелли.

Выполнение работы

1. Включите радиометр. Для этого нажмите кнопку ВКЛ, на экране на несколько секунд появится надпись «АТОМТЕХ», а затем сообщение:

Прогрев прибора	
Осталось	9 : 56
Установите контрольную пробу	
меню - прервать	

Прогрев радиометров идет в течение 10 мин. В процессе прогрева установите контрольную пробу и закройте БЗ. По окончании прогрева автоматически производится проверка сохранности градуировки радиометров. При прохождении проверки на экране высвечиваются нормируемые и текущие значения скорости счета в импульсах в секунду и центра пика в каналах:

Проверка	
Скор. счета, имп/с	
27±2,7	28,5
Центр пика, канал	
236±4,6	235,3
Меню - прервать	

Значения, высвечиваемые в окне, выделенном на приведенной выше иллюстрации штриховыми линиями, – нормируемые, индивидуальные для каждого прибора, значения в другом окне – текущие.

Если положение центра пика соответствует нормируемому значению, то появляется сообщение «Проверка завершена».

2. Выполните оперативный контроль фона. Он проводится ежедневно перед началом измерений с целью проверки неизменности фона.

Проверка фона производится сразу после проверки градуировки радиометра. Для этого нужно **извлечь контрольную пробу из БЗ** и нажать кнопку **ВВОД**, при этом на экране появится нормируемое и измеряемое значение скорости счета (имп/с). После окончания контроля (через 3–5 мин) появление сообщения «Фон в норме» свидетельствует о неизменности фона.

3. Измерьте удельную активность проб. Измерительный сосуд должен быть заполнен веществом пробы до отметки или объем пробы должен быть предварительно измерен с погрешностью не более $\pm 2\%$.

Если плотность пробы отлична от 1 г/см^3 , то необходимо определить массу пробы с погрешностью не более $\pm 2 \%$.

Последовательность измерения.

а) поместите сосуд с пробой в БЗ. Закройте БЗ;

б) перейдите при необходимости в поле спектра (исходное состояние радиометра), нажав кнопку **МЕНЮ**, а затем перейдите в режим набора спектра, нажав кнопку **НАБОР**, и задайте значения продолжительности измерения, массы пробы и геометрии измерения, нажмите кнопку **ВВОД**. Время измерения можно установить приблизительно, так как при необходимости набор спектра может быть продолжен. Если заданное время равно нулю, измерение продолжается до принудительной остановки, осуществляемой нажатием кнопки **СТОП**. Геометрия измерения вводится в соответствии с используемым измерительным сосудом.

в) после остановки прибора для определения УА радионуклидов ^{137}Cs и ^{40}K нажмите кнопку **АКТИВ** (для определения ОА необходимо повторно нажать кнопку **АКТИВ**).

Для определения УА естественных радионуклидов необходимо войти в режим меню путем нажатия кнопки **МЕНЮ** на клавиатуре БОИ и в режиме «Обр» выбрать функцию «Активн» и затем нажать кнопку **ВВОД** при этом появится сообщение:

Выбор нуклидов
Маринепли, 1л
Состав нуклидов
Cs+K
Ввод - активность

4. Полученные результаты объемной и удельной активности занесите в нижеприведенную форму (табл. 1).

Таблица 1. Результаты измерений

Название пробы	Удельная активность, Бк/кг	Погрешность измерения, %	$A_{эфф.}$ Бк/кг
	Cs-137		
	K-40		
	Ra-226		
	Th-232		
	Cs-137		
	K-40		
	Ra-226		
	Th-232		
	Cs-137		
	K-40		
	Ra-226		
	Th-232		

5. Рассчитайте удельную эффективную активность по формуле:

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,30 A_{Th} + 0,09 A_{K}$$

6. Проведите сравнительный анализ полученных результатов. Сделайте вывод о возможности использования исследованных материалов.

7. Выключите радиометр с помощью кнопки «Выкл».