Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю. А.»

ИНСТИТУТ УРБАНИСТИКИ, АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

Кафедра Экология и техносферная безопасность

ОТЧЕТ

по учебной практике

на \_кафедре Экология и техносферная безопасность СГТУ имени Гагарина Ю.А.\_\_

(название организации, предприятия)

Выполнил (а) студент (ка)\_\_\_Заочной\_\_формы обучения

Специальности \_\_\_\_\_\_Техносферная безопасность\_\_\_\_\_

\_3\_ курса б1-ТХНБз31 группы / \_\_Мартынов В.Д.\_

(подпись) (Ф.И.О.)

Руководитель практики Арзамасцев С.В., к.т.н., проф. каф. ЭиТБ / \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О., должность) (подпись)

Саратов-2022

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| ВВЕДЕНИЕ…………………………………………………………………………………. | 3 |
| 1. Радиация. Суть явления………………………………………………..…………………  2. Дозы и измерение ионизирующих излучений….……………………………………… | 5  7 |
| 2.1. Предельно допустимые дозы облучения………………………………………...…… | 9 |
| 3. Естественные источники радиации……………………………………………………... | 10 |
| 3.1. Внешнее облучение от радионуклидов земного происхождения…………………... | 12 |
| 3.2. Внутренне облучение от радионуклидов земного происхождения………………… | 13 |
| 4. Радиация от источников, созданных человеком……………………………………….. | 15 |
| 5. Воздействие радиации на ткани живого организма…………………………………… | 17 |
| 5.1. Воздействие радиации на человека…………………………………………………… | 19 |
| 6. Меры радиационной защиты……………………………………………………………. | 24 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ……………………………………………………………………………... | 26 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК…………..……………………............................................. | 27 |

**ВВЕДЕНИЕ**

Явление радиоактивности было открыто в 1896 году французским ученым Анри Беккерелем. В настоящее время оно широко используется в науке, технике, медицине, промышленности. Радиоактивные элементы естественного происхождения присутствуют повсюду в окружающей человека среде. В больших объемах образуются искусственные радионуклиды, главным образом в качестве побочного продукта на предприятиях оборонной промышленности и атомной энергетики. Попадая в окружающую среду, они оказывают воздействия на живые организмы, в чем и заключается их опасность. Для правильной оценки этой опасности необходимо четкое представление о масштабах загрязнения окружающей среды, о выгодах, которые приносят производства, основным или побочным продуктом которых являются радионуклиды, и потерях, связанных с отказом от этих производств, о реальных механизмах действия радиации, последствиях и существующих мерах защиты.

В массовом сознании населения доминирует настороженное отношение к производствам, деятельность которых приводит к образованию радиоактивных изотопов и в первую очередь к предприятиям ядерного цикла. Этому способствуют как объективные (крупные аварии), так и субъективные (некомпетентность, искаженная картина в средствах массовой информации) факторы. При этом не принимаются во внимание одно из обстоятельств.

Первое – это необходимость сравнительного подхода. Например, ценой за использование автомобиля являются десятки тысяч людей, ежегодно погибающих в авариях, еще большее количество получает травмы. Происходит загрязнение окружающей среды выхлопными газами автомобилей, особенно в густонаселенных городах. И это далеко не полный перечень негативных последствий от использования автомобильного транспорта.

Второе обстоятельство – это экономическая и технологическая необходимость использования атомной энергии в современном мире.

Привлекательность использования АЭС связана с ограниченностью и постоянным ростом стоимости энергоносителей для тепловых электростанций, меньшими радиоактивными и значительно более низкими химическими загрязнениями окружающей среды, гораздо меньшими объемами транспортных перевозок у предприятий ядерного цикла, отнесенными к единице производимой, в конечном счете, электроэнергии, по сравнению с аналогичными показателями для предприятий топливного цикла.

Альтернативы использованию АЭС в глобальной экономике в настоящее время нет, а в обозримом будущем она может появиться только со стороны термоядерных установок.

Первая в мире опытно-промышленная АЭС мощностью в 5 МВт была пущена в СССР 27 июня 1954 г. в г. Обнинске. В последующий период производство электроэнергии на АЭС быстро росло и в настоящее время в развитых странах они превратились в основного поставщика электроэнергии.

Работа предприятий ядерного цикла в режиме нормальной эксплуатации не наносит человеку сколько-нибудь заметного вреда и значительно безопаснее последствий других видов деятельности. Аварии на АЭС значительно увеличивают экологическую угрозу, но не в большей степени, чем аварии на крупных химических производствах, бесконтрольное использование пестицидов и минеральных удобрений, аварии на транспорте и т.д.

Следует также иметь в виду, что радиация, связанная с нормальным развитием ядерной энергетики, составляет лишь малую долю радиации, порождаемой деятельностью человека. Значительно большие дозы мы получаем от других источников, вызывающих меньше нареканий. Применение рентгеновских лучей в медицине, сжигание угля, использование воздушного транспорта, пребывание в хорошо герметизированных помещениях могут привести к значительному увеличению уровня облучения.

Отметим, что и зарождение жизни на Земле и ее последующая эволюция протекали в условиях постоянного воздействия радиации.

Хорошее знание свойств радиации и ее воздействия позволяет свести к минимуму связанный с ее использованием риск и по достоинству оценить те огромные блага, которые приносит человеку применение достижений ядерной физики в различных сферах.

1. **Радиация. Суть явления.**

Ионизирующее излучение (радиация) – это невидимые глазом излучения, испускаемые некоторыми химическими элементами в результате их радиоактивного распада, т.е. самопроизвольного превращения ядер атомов одного радиоактивного элемента в ядра другого.

Радиация - обобщенное понятие. Оно включает различные виды излучений, часть которых встречается природе, другие получаются искусственным путем.

Прежде всего следует различать корпускулярное излучение состоящее из частиц с массой отличной от нуля, и электромагнитное излучение. Корпускулярное излучение может состоять из заряженных и нейтральных частиц. Различают α- и β-лучи радионуклидов, потоки электронов и протонов, генерируемые современными ускорителями, нейтроны атомных реакторов и ядра тяжелых нуклидов – космических лучей.

Альфа-излучение – представляет собой ядра гелия, которые испускаются при радиоактивном распаде элементов тяжелее свинца или образуются в ядерных реакциях.

Бета-излучение – это электроны или позитроны, которые образуются при бета-распаде различных элементов от самых легких (нейтрон) до самых тяжелых.

Космическое излучение приходит на Землю из космоса. В его состав входят преимущественно протоны и ядра гелия. Более тяжелые элементы составляют менее 1%. Проникая вглубь атмосферы, космическое излучение взаимодействует с ядрами, входящими состав атмосферы, и образует потоки вторичных частиц (мезоны, гамма-кванты, нейтроны и др.).

Корпускулярные излучения обладают высокой энергией, часто большой проникающей способностью, активно взаимодействуют с атомами и молекулами живых организмов, вызывая ионизацию, образование высокореактивных свободных радикалов, ядерные реакции.

Электромагнитное излучение имеет широкий спектр энергий и различные источники: гамма-излучение атомных ядер и тормозное излучение ускоренных электронов, радиоволны (табл.1).

Гамма-излучение – это электромагнитное излучение высокой энергии, которое обладает большой проникающей способностью, изменяющейся в широких пределах. Ионизирующая способность гамма-излучения значительно меньше, чем у альфа- и бета- частиц.

Рентгеновское излучение – аналогично гамма-излучению, испускаемому ядрами, но оно получается искусственно в рентгеновской трубке, которая сама по себе не радиоактивна.

Таблица 1 – Характеристики электромагнитных излучений.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Энергия, эВ | Длина волны, м | Частота, Гц | Источник излучения |
| 109 | 10-16 | 1024 | Тормозное излучение |
| 105 | 10-12 | 1020 | Гамма излучение ядер |
| 103 | 10-10 | 1018 | Рентгеновское излучение |
| 101 | 10-8 | 1016 | Ультрафиолетовое излучение |
| 10-1 | 10-6 | 1014 | Видимый свет |
| 10-3 | 10-4 | 1012 | Инфракрасное излучение |
| 10-5 | 10-2 | 1010 | Микроволновое излучение |
| 10-7 | 100 | 108 | СВЧ |
| 10-9 | 102 | 106 | Радиоволны ВЧ |
| 10-11 | 104 | 104 | Радиоволны НЧ |

Ввиду сходства воздействия на вещество корпускулярных и таких электромагнитных излучений, как рентгеновские и γ-лучи, их часто объединяют в группу ионизирующей радиации.

1. **Дозы и измерение ионизирующих излучений.**

Действие ионизирующих излучений представляет собой сложный процесс. Эффект облучения зависит от величины поглощенной дозы, ее мощности, вида излучения, объема облучения тканей и органов. Для его количественной оценки введены специальные единицы, которые делятся на внесистемные и единицы в системе СИ. Сейчас используются преимущественно единицы системы СИ. Ниже в таблице 2 дан перечень единиц измерения радиологических величин и проведено сравнение единиц системы СИ и внесистемных единиц.

Таблица 2 – Основные радиологические величины и единицы.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Величина | Наименование и обозначение единицы измерения | | Соотношения между единицами |
| Внесистемные | Си |
| Активность нуклида, А | Кюри (Ки, Ci) | Беккерель (Бк, Bq) | 1 Ки = 3,7ּ1010Бк  1 Бк = 1 расп/с  1 Бк =2,7ּ10-11Ки |
| Экспозиционная доза, X | Рентген (Р, R) | Кулон/кг (Кл/кг, C/kg) | 1 Р=2,58ּ10-4 Кл/кг  1 Кл/кг = 3,88ּ103 Р |
| Поглощенная доза, D | Рад (рад, rad) | Грей (Гр, Gy) | 1 рад = 10-2 Гр  1 Гр = 1 Дж/кг |
| Эквивалентная доза, Н | Бэр (бэр, rem) | Зиверт (Зв, Sv) | 1 бэр = 10-2 Зв  1 Зв = 100 бэр |
| Интегральная доза излучения | Рад-грамм (рад\*г, rad\*g) | Грей- кг (Гр\*кг, Gy\*kg) | 1 радּг=10-5 Грּкг  1 Грּкг=105 радּг |

Для описания влияния ионизирующих излучений на вещество используются следующие понятия и единицы измерения.

Активность радионуклида в источнике (А) равна отношению числа самопроизвольных ядерных превращений в этом источнике за малый интервал времени (dN) к величине этого интервала (dt). Единица активности в системе СИ – Беккерель (Бк). Внесистемная единица – Кюри (Ки).

Экспозиционная доза (X) – мера ионизационного действия фотонного излучения, определяемая по ионизации воздуха в условиях электронного равновесия. В качестве количественной меры рентгеновского излучения принято использовать во внесистемных единицах экспозиционную дозу, определяемую зарядом вторичных частиц (dQ), образующихся в массе вещества (dm) при полном торможении всех заряженных частиц.

В СИ единицей экспозиционной дозы является один кулон на килограмм (Кл/кг). Внесистемной единицей является рентген (Р). Рентген - это экспозиционная доза рентгеновского излучения, создающая в 1куб.см воздуха при температуре О°С и давлении 760 мм рт.ст. суммарный заряд ионов одного знака в одну электростатическую единицу количества электричества.

Поглощение энергии ионизирующего излучения является первичным процессом, дающим начало последовательности физико-химических преобразований в облученной ткани, приводящей к наблюдаемому радиационному эффекту. Поэтому естественно сопоставить наблюдаемый эффект с количеством поглощенной энергии или поглощенной дозы.

Поглощенная доза (D) – основная дозиметрическая величина, определяющая степень радиационного воздействия. Она равна отношению средней энергии dE, переданной ионизирующим излучением веществу в элементарном объеме, к массе dm вещества в этом объеме. Единицей поглощенной дозы является Грей (Гр).

Мощность поглощенной дозы – приращение в единицу времени. Она характеризуется скоростью накопления дозы во времени. Ее единица в системе СИ – грей в секунду. Это такая мощность поглощенной дозы излучения, при которой за 1 с в веществе создается доза излучения в Гр.

На практике для оценки поглощенной дозы излучения широко используют внесистемную единицу мощности поглощенной дозы – рад в час (рад/ч) или рад в секунду (рад/с). Внесистемная единица Рад определялась как поглощенная доза любого ионизирующего излучения, равная 100 эрг на 1 грамм облученного вещества.

Для оценки возможного ущерба здоровью человека в условиях хронического облучения в области радиационной безопасности введено понятие эквивалентной дозы Н, равной произведению поглощенной дозы Dr, созданной облучением - r и усредненной по анализируемому органу или по всему организму, на весовой множитель wr (называемый еще - коэффициент качества излучения).

Единицей измерения эквивалентной дозы является Джоуль на килограмм. Она имеет специальное наименование Зиверт (Зв). Зиверт равен одному грею, деленному на коэффициент качества 1 Зв = 100 бэр.

Бэр (биологический эквивалент рентгена) – это внесистемная единица эквивалентной дозы, такая поглощенная доза любого излучения, которая вызывает тот же биологический эффект, что и 1 рентген гамма-излучения.

* 1. **Предельно допустимые дозы облучения**

По отношению к облучению население делится на 3 категории:

* Категория А облучаемых лиц или персонал (профессиональные работники) – лица, которые постоянно или временно работают непосредственно с источниками ионизирующих излучений.
* Категория Б облучаемых лиц или ограниченная часть населения – лица, которые не работают непосредственно с источниками ионизирующего излучения, но по условиям проживания или размещения рабочих мест могут подвергаться воздействию ионизирующих излучений.
* Категория В облучаемых лиц или население – население страны, республики, края.

Для категории А вводятся предельно допустимые дозы – наибольшие значения индивидуальной эквивалентной дозы за календарный год, при которой равномерное облучение в течение 50 лет не может вызвать в состоянии здоровья неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами. Для категории Б определяется предел дозы.

Устанавливается три группы критических органов:

1. все тело, гонады и красный костный мозг;
2. мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаз и другие органы, за исключением тех, которые относятся к 1 и 3 группам;
3. кожный покров, костная ткань, кисти, предплечья, голени и стопы.

Дозовые пределы облучения для разных категорий лиц даны в таблице 3.

Таблица 3 – Дозовые пределы внешнего и внутреннего облучения (бэр/год).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Категории лиц | Группы критических органов | | |
| 1 | 2 | 3 |
| Категория А, предельно допустимая доза (ПДД) | 5 | 15 | 30 |
| Категория Б, предел дозы (ПД) | 0,5 | 1,5 | 3 |

Помимо основных дозовых пределов для оценки влияния излучения используют производные нормативы и контрольные уровни. Нормативы рассчитаны с учетом непревышения дозовых пределов ПДД и ПД. Расчет допустимого содержания радионуклида в организме проводят с учетом его радиотоксичности и непревышения ПДД в критическом органе. Контрольные уровни должны обеспечивать такие низкие уровни облучения, какие можно достичь при соблюдении основных дозовых пределов.

Численные значения допустимых уровней содержатся в «Нормах радиационной безопасности – 99».

1. **Естественные источники радиации**

Избежать облучения ионизирующим излучением невозможно. Жизнь на Земле возникла и продолжает развиваться в условиях постоянного облучения. Радиационный фон Земли складывается из трех компонентов:

1. космическое излучение;

2. излучение от рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды природных радионуклидов;

3. излучение от искусственных (техногенных) радионуклидов.

Облучение по критерию месторасположения источников излучения делится на внешнее и внутреннее. Внешнее облучение обусловлено источниками, расположенными вне тела человека. Источниками внешнего облучения являются космическое излучение и наземные источники. Источником внутреннего облучения являются радионуклиды, находящиеся в организме человека.

Космическое излучение складывается из частиц, захваченных магнитным полем Земли, галактического космического излучения и корпускулярного излучения Солнца. В его состав входят в основном электроны, протоны и альфа-частицы. Это так называемое первичное космическое излучение, взаимодействуя с атмосферой Земли, порождает вторичное излучение. В результате на уровне моря излучение состоит почти полностью из мюонов (подавляющая часть) и нейтронов.

Поглощенная мощность дозы космического излучения в воздухе на уровне моря равна 32 нГр/час и формируется в основном мюонами. Для нейтронов на уровне моря мощность поглощенной дозы составляет 0.8 нГр/час и мощность эквивалентной дозы составляет 2.4 нЗв/час. За счет космического излучения большинство населения получает дозу, равную около 0.35 мЗв в год.

Космическому внешнему облучению подвергается вся поверхность Земли. Однако облучение это неравномерно. Интенсивность космического излучения зависит от солнечной активности, географического положения объекта и возрастает с высотой над уровнем моря. Наиболее интенсивно оно на Северном и Южном полюсах, менее интенсивно в экваториальных областях. Причина этого – магнитное поле Земли, отклоняющее заряженные частицы космического излучения. Наибольший эффект действия космического внешнего облучения связан с зависимостью космического излучения от высоты (рис. 1).

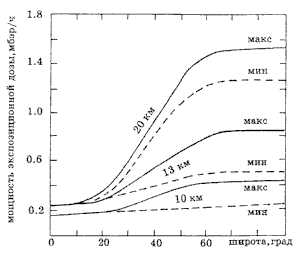


Рис. 1. Величина солнечного излучения во время максимальной и минимальной активности солнечного цикла в зависимости от высоты местности над уровнем моря и географической широты.

Солнечные вспышки представляют большую радиационную опасность во время космических полетов. Космические лучи, идущие от Солнца, в основном состоят из протонов широкого энергетического спектра (энергия протонов до 100 МзВ), Заряженные частицы от Солнца способны достигать Земли через 15-20 мин после того, как вспышка на его поверхности становится видимой. Длительность вспышки может достигать нескольких часов.

Величина дозы радиоактивного облучения, получаемая человеком, зависит от географического местоположения, образа жизни и характера труда. Например на высоте 8 км мощность эффективной дозы составляет 2 мкЗв/час, что приводит к дополнительному облучению при авиаперевозках.

* 1. **Внешнее облучение от радионуклидов земного происхождения**

В настоящее время на Земле сохранилось 23 долгоживущих радиоактивных элемента с периодами полураспада от 107 лет и выше.

В трех радиоактивных семействах: урана (238U), тория (232Th) и актиния (235АС) в процессах радиоактивного распада постоянно образуется 40 радиоактивных изотопов. Средняя эффективная эквивалентная доза внешнего облучения, которую человек получает за год от земных источников, составляет около 0,35 мЗв, т.е. чуть больше средней индивидуальной дозы, обусловленной облучением из-за космического фона на уровне моря.

Однако уровень земной радиации неодинаков в различных районах. Так, например, в 200 километрах к северу от Сан-Пауло (Бразилия) есть небольшая возвышенность, где уровень радиации в 800 раз превосходит средний и достигает 260 мЗв в год. На юго-западе Индии 70 000 человек живут на узкой прибрежной полосе, вдоль которой тянутся пески, богатые торием. Эта группа лиц получает в среднем 3,8 мЗв в год на человека. Как показали исследования, во Франции, ФРГ, Италии, Японии и США около 95% населения живут в местах с дозой облучения от 0,3 до 0,6 мЗв в год. Около 3% получает в среднем 1 мЗв в год и около 1.5% более 1,4 мЗв в год.

Если человек находится в помещении, доза внешнего облучения изменяется за счет двух противоположно действующих факторов:

1) Экранирование внешнего излучения зданием.

2) Облучение за счет естественных радионуклидов, находящихся в материалах, из которого построено здание.

В зависимости от концентрации изотопов 40К, 226Ra и 232Th в различных строительных материалах мощность дозы в домах изменяется от 4 ּ10-8 до 12 ּ10-8 Гр/ч. В среднем в кирпичных, каменных и бетонных зданиях мощность дозы в 2-3 раза выше, чем в деревянных.

* 1. **Внутреннее облучение от радионуклидов земного происхождения**

В организме человека постоянно присутствуют радионуклиды земного происхождения, поступающие через органы дыхания и пищеварения. Наибольший вклад в формирование дозы внутреннего облучения вносят 40К, 87Rb, и нуклиды рядов распада 238U и 232Th.

Средняя доза внутреннего облучения за счет радионуклидов земного происхождения составляет 1,35 мЗв/год. Наибольший вклад (около 3/4 годовой дозы) дают не имеющий вкуса и запаха тяжелый газ радон и продукты его распада. Поступив в организм при вдохе, он вызывает облучение слизистых тканей легких. Радон высвобождается из земной коры повсеместно, но его концентрации в наружном воздухе существенно различается для различных точек Земного шара. Однако большую часть дозы облучения от радона человек получает, находясь в закрытом непроветриваемом помещении. В зонах с благоприятным климатом концентра дня радона в закрытых помещениях в среднем примерно в 8 раз выше, чем в наружном воздухе. Источниками радона являются также строительные материалы. Так, например, большой удельной радиоактивностью обладают гранит и пемза, шлак и ряд других материалов. Радон проникает в помещение из земли и через различные трещины в межэтажных перекрытиях, через вентиляционные каналы и т.д. Источниками поступления радона в жилые помещения являются также природный газ и вода (таблица 4).

Таблица 4 – Мощность излучения различных источников радона.

|  |  |
| --- | --- |
| Источник радона | Мощность излучения кБк/сут |
| Природный газ | 3 |
| Вода | 4 |
| Наружный воздух | 10 |
| Стройматериалы и грунт под зданием | 60 |

Доля домов, внутри которых концентрация радона и его ядерных продуктов равна от 103 до 104 Бк/см3, составляет от 0,01 до 0,1% в различных странах. Это означает, что значительное число людей подвергаются заметному облучению из-за высокой концентрации радона внутри домов, где они живут.

В качестве удобрений ежегодно используются несколько десятков млн. тонн фосфатов. Большинство разрабатываемых в настоящее время фосфатных месторождений содержит уран, присутствующий в довольно высокой концентрации. Содержащиеся в удобрениях радиоизотопы проникают из почвы в пищевые продукты, приводят к повышению радиоактивности молока и других продуктов питания.

Таким образом, эффективная доза от внутреннего облучения за счет естественных источников (1,35 мЗв/год) в среднем примерно в два раза превышает дозу внешнего облучения от них (0,65 мЗв/год). Следовательно, суммарная доза внешнего и внутреннего облучения от естественных источников радиации в среднем равна 2 мЗв/год. Для отдельных контингентов населения она может быть выше. Причем максимальное превышение над средним уровнем может достигать одного порядка.

1. **Радиация от источников, созданных человеком**

В результате деятельности человека во внешней среде появились искусственные радионуклиды и источники излучения. В природную среду стали поступать в больших количествах естественные радионуклиды, извлекаемые из недр Земли вместе с углем, газом, нефтью, минеральными удобрениями, строительными материалами. Сюда относятся геотермические электростанции, создающие в среднем выброс около 4·1014 Бк изотопа 222Rn на 1 ГВт выработанной электроэнергии; фосфорные удобрения, содержащие 226Ra и 238U (до 70 Бк/кг в Кольском апатите и 400 Бк/кг в фосфорите); уголь, сжигаемый в жилых домах и электростанциях, содержит естественные радионуклиды 40К, 232U и 238U в равновесии с их продуктами распада. Роль различных искусственных источников излучений в создании радиационного фона иллюстрируется в таблице 5.

Таблица 5 – Среднегодовые дозы, получаемые от естественного радиационного фона и различных искусственных источников излучения.

|  |  |
| --- | --- |
| Источник излучения | Доза, мбэр/год |
| Природный радиационныйый фон | 200 |
| Стройматериалы | 140 |
| Атомная энергетика | 0,2 |
| Медицинские исследования | 140 |
| Ядерные испытания | 2,5 |
| Полеты в самолетах | 0,5 |
| Бытовые предметы | 4 |
| Телевизоры и мониторы ЭВМ | 0,1 |
| Общая доза | 500 |

За последние несколько десятилетий человек создал несколько тысяч радионуклидов и начал использовать их в научных исследованиях, в технике, медицинских целях и др. Это приводит к увеличению дозы облучения, получаемой как отдельными людьми, так и населением в целом. Иногда облучение за счет источников, созданных человеком, оказывается в тысячи раз интенсивнее, чем от природных источников.

В настоящее время основной вклад в дозу от источников, созданных человеком, вносит внешнее радиоактивное облучение при диагностике и лечении. В развитых странах на каждую тысячу населения приходятся от 300 до 900 таких обследований в год, не считая массовой флюорографии и рентгенологических обследований зубов.

Для исследования различных процессов, протекающих в организме и для диагностики опухолей, используются также радиоизотопы, вводимые в организм человека. В промышленно развитых странах ориентировочно проводится 10 - 40 обследований на 1 млн. жителей в год. Коллективные эффективные эквивалентные дозы составляют 20 чел-Зв на 1 млн. жителей в Австралии и 150 чел-Зв в США.

Средняя эффективная эквивалентная доза, получаемая от всех источников облучения в медицине, в промышленно развитых странах составляет 1 мЗв в год на каждого жителя, т.е. примерно половину средней дозы от естественных источников.

1. **Воздействие радиации на ткани живого организма.**

В органах и тканях биологических объектов, как и в любой среде при облучении в результате поглощения энергии идут процессы ионизации и возбуждения атомов. Эти процессы лежат в основе биологического действия излучений. Его мерой служит количество поглощенной в организме энергии.

В реакции организма на облучение можно выделить четыре фазы. Длительность первых трех быстрых фаз не превышает единиц микросекунд, в течение которых происходят различные молекулярные изменения. В четвертой медленной фазе эти изменения переходят в функциональные и структурные нарушения в клетках, органах и организме в целом.

Первая, физическая фаза ионизации и возбуждения атомов длится 10-13 секунд. Вo второй, химико-физической фазе, протекающей 10-10 секунд образуются высокоактивные в химическом отношении радикалы, которые, взаимодействуя с различными соединениями, дают начало вторичным радикалам, имеющим значительно большие по сравнению с первичными сроки жизни. В третьей, химической фазе, длящейся 10-6 секунд, образовавшиеся радикалы, вступают в реакции с органическими молекулами клеток, что приводит к изменению биологических свойств молекул.

Описанные процессы первых трех фаз являются первичными и определяют дальнейшее развитие лучевого поражения. В следующей за ними четвертой, биологической фазе химические изменения молекул преобразуются в клеточные изменения. Наиболее чувствительным к облучению является ядро клетки, а наибольшие последствия вызывает повреждение ДНК, содержащей наследственную информацию. В результате облучения в зависимости от величины поглощенной дозы клетка гибнет или становится неполноценной в функциональном отношении. Время протекания четвертой фазы очень различно и в зависимости от условий может растянуться на годы или даже на всю жизнь.

Различные виды излучений характеризуются различной биологической эффективностью, что связано с отличиями в их проникающей способности (рис. 2) и характером передачи энергии органам и тканям живого объекта, состоящего в основном из легких элементов.

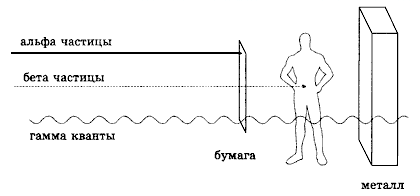


Рис. 2. Схематическое изображение проникающей способности различных излучений.

Альфа-излучение имеет малую длину пробега частиц и характеризуется слабой проникающей способностью. Оно не может проникнуть сквозь кожные покровы. Пробег альфа-частиц с энергией 4 Мэв в воздухе составляет 2,5 см, а в биологической ткани лишь 31 мкм. Альфа-излучения, излучающие нуклиды, представляют большую опасность при поступлении внутрь организма через органы дыхания и пищеварения, открытые раны и ожоговые поверхности.

Бета-излучение обладает большей проникающей способностью. Пробег бета-частиц в воздухе может достигать нескольких метров, а в биологической ткани нескольких сантиметров. Так пробег электронов с энергией 4 Мэв в воздухе составляет 17,8 м, а в биологической ткани 2,6 см.

Гамма-излучение имеет еще более высокую проникающую способность. Под его действием происходит облучение всего организма.

Основной эффект воздействия на биологическую ткань происходит под действием протонов, образующихся в реакции (n,р) и теряющих всю свою энергию в месте рождения.

Для медленных нейтронов сечения захвата нейтронов малы. Большая часть энергии расходуется на возбуждение и расщепление молекул ткани.

Для быстрых нейтронов до 90% энергии в ткани теряется при упругом взаимодействии. При этом решающее значение имеет рассеяние нейтронов на протонах. Дальнейшее выделение энергии происходит в результате ионизации среды протонами отдачи.

* 1. **Воздействие радиации на человека.**

Эффекты воздействия радиации на человека обычно делятся на две категории:

1. Соматические (телесные) – возникающие в организме человека, который подвергался облучению.
2. Генетические – связанные с повреждением генетического аппарата и проявляющиеся в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки человека, подвергшегося облучению.

К соматическим эффектам относятся:

* лучевая болезнь;
* локальные лучевые поражения;
* лейкозы;
* опухоли разных органов.

К генетическим эффектам – генные мутации и хромосомные аберрации.

Различают пороговые (детерминированные) и стохастические эффекты. Первые возникают когда число клеток, погибших в результате облучения, потерявших способность воспроизводства или нормального функционирования, достигает критического значения, при котором заметно нарушаются функции пораженных органов. Зависимость тяжести нарушения от величины дозы облучения показана в таблице 6.

Таблица 6 – Воздействие различных доз облучения на человеческий организм

|  |  |
| --- | --- |
| Доза, Гр | Причина и результат воздействия |
| (0,7 - 2) 10-3 | Доза от естественных источников в год |
| 0.05 | Предельно допустимая доза профессионального облучения в год |
| 0,1 | Уровень удвоения вероятности генных мутаций |
| 0,25 | Однократная доза оправданного риска в чрезвычайных обстоятельствах |
| 1,0 | Доза возникновения острой лучевой болезни |
| 3-5 | Без лечения 50% облученных умирает в течение 1-2 месяцев вследствие нарушения деятельности клеток костного мозга |
| 10-50 | Смерть наступает через 1-2 недели вследствие поражений главным образом желудочно-кишечного тракта |
| 100 | Смерть наступает через несколько часов или дней вследствие повреждения центральной нервной системы |

Хроническое облучение слабее действует на живой организм по сравнению с однократным облучением в той же дозе, что связано с постоянно идущими процессами восстановления радиационных повреждений. Считается, что примерно 90% радиационных повреждений восстанавливается.

Стохастические (вероятностные) эффекты, такие как злокачественные новообразования, генетические нарушения, могут возникать при любых дозах облучения. С увеличением дозы повышается не тяжесть этих эффектов, а вероятность (риск) их появления. Для количественной оценки частоты возможных стохастических эффектов принята консервативная гипотеза о линейной беспороговой зависимости вероятности отдаленных последствий от дозы облучения с коэффициентом риска около 7ּ10-2 Зв

(табл. 7).

Таблица 7 – Число случаев на 100 000 человек при дозе облучения 10 мЗв.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Категории облучаемых | Смертельные случаи рака | Несмертельные случаи рака | Тяжелые наследуемые эффекты | Суммарный эффект |
| Работающий персонал | 4,0 | 0,8 | 0,8 | 5,6 |
| Все население | 5,0 | 1,0 | 1,3 | 7,3 |

Радионуклиды накапливаются в органах неравномерно. В процессе обмена веществ в организме человека они замещают атомы стабильных элементов в различных структурах клеток, биологически активных соединениях, что приводит к высоким локальным дозам. При распаде радионуклида образуются изотопы химических элементов, принадлежащие соседним группам периодической системы, что может привести к разрыву химических связей и перестройке молекул. Эффект радиационного воздействия может проявиться совсем не в том месте, которое подвергалось облучению. Превышение дозы радиации может привести к угнетению иммунной системы организма и сделать его восприимчивым к различным заболеваниям. При облучении повышается также вероятность появления злокачественных опухолей.

В таблице 8 приведены сведения о накоплении некоторых радиоактивных элементов в организме человека.

Организм при поступлении продуктов ядерного деления подвергается длительному, убывающему по интенсивности, облучению.

Наиболее интенсивно облучаются органы, через которые поступили радионуклиды в организм (органы дыхания и пищеварения), а также щитовидная железа и печень. Дозы, поглощенные в них, на 1-3 порядка выше, чем в других органах и тканях. По способности концентрировать всосавшиеся продукты деления основные органы можно расположить в следующий ряд:

***щитовидная железа > печень > скелет > мышцы***.

Так, в щитовидной железе накапливается до 30% всосавшихся продуктов деления, преимущественно радиоизотопов йода.

По концентрации радионуклидов на втором месте после щитовидной железы находится печень. Доза облучения, полученная этим органом, преимущественно обусловлена радионуклидами 99Мо, 132Te,131I, 132I, 140Bа, 140Lа.

Таблица 8 – Органы максимального накопления радионуклидов.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элемент | | Наиболее чувствительный орган или ткань | Масса органа или ткани, кг | Доля полной дозы |
| Водород | H | Все тело | 70 | 1,0 |
| Углерод | C | Все тело | 70 | 1,0 |
| Натрий | Nа | Все тело | 70 | 1,0 |
| Калий | К | Мышечная ткань | 30 | 0.92 |
| Стронций | Sr | Кость | 7 | 0,7 |
| Йод | I | Щитовидная железа | 0,2 | 0,2 |
| Цезий | Сs | Мышечная ткань | 30 | 0,45 |
| Барий | Ва | Кость | 7 | 0,96 |
| Радий | Rа | Кость | 7 | 0,99 |
| Торий | Тh | Кость | 7 | 0,82 |
| Уран | U | Почки | 0,3 | 0,065 |
| Плутоний | Рu | Кость | 7 | 0,75 |

Среди техногенных радионуклидов особого внимания заслуживают изотопы йода. Они обладают высокой химической активностью, способны интенсивно включаться в биологический круговорот и мигрировать по биологическим цепям, одним из звеньев которых может быть человек (рис. 3).

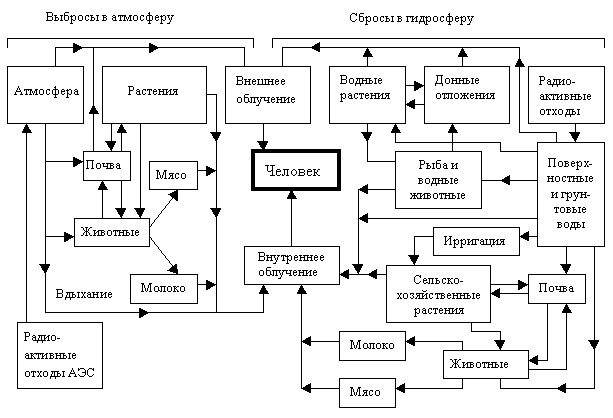


Рис.3. Пути воздействия радиоактивных отходов АЗС на человека.

Основным начальным звеном многих пищевых цепей является загрязнение поверхности почвы и растений. Продукты питания животного происхождения - один из основных источников попадания радионуклидов к человеку.

Исследования, охватившие примерно 100000 человек, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, показывают, что рак – наиболее серьезное последствие облучения человека при малых дозах. Первыми среди раковых заболеваний, поражающих население, стоят лейкозы (рис. 4).



Рис. 4. Относительная среднестатистическая вероятность заболевания раком после получения однократной дозы в 1 рад (0,01 Гр) при равномерном облучении всего тела.

Распространенными видами рака под действием радиации являются рак молочной железы и рак щитовидной железы. Обе эти разновидности рака излечимы и оценки ООН показывают, что в случае рака щитовидной железы летальный исход наблюдается у одного человека из тысячи, облученных при индивидуальной поглощенной дозе один Грей.

Данные по генетическим последствиям облучения весьма неопределенны. Ионизирующее излучение может порождать жизнеспособные клетки, которые будут передавать то или иное изменение из поколения в поколение. Однако анализ этот затруднен, так как примерно 10% всех новорожденных имеют те или иные генетические дефекты и трудно выделить случаи, обусловленные действием радиации. Экспертные оценки показывают, что хроническое облучение при дозе 1 Грей, полученной в течение 30 лет, приводит к появлению около 2000 случаев генетических заболеваний на каждый миллион новорожденных среди детей тех, кто подвергался облучению.

В последние десятилетия процессы взаимодействия ионизирующих излучений с тканями человеческого организма были детально исследованы. В результате выработаны нормы радиационной безопасности, отражающие действительную роль ионизирующих излучений с точки зрения их вреда для здоровья человека. При этом необходимо помнить, что норматив всегда является результатом компромисса между риском и выгодой.

1. **Меры радиационной защиты**

Меры радиационной защиты персонала и населения регламентируются нормами радиационной безопасности (НРБ-76/87) и основными санитарными правилами (ОСП-72-87).

Меры защиты направлены на:

* предотвращение возникновения детерминированных эффектов путем ограничения облучения дозой ниже порога возникновения этих эффектов (нормирование годовой дозы);
* принятие обоснованных мер по снижению вероятности индуцирования отдаленных стохастических последствий (онкологических и генетических) с учетом экономических и социальных факторов.

Целью мер защиты является обеспечение высоких показателей здоровья населения, которые включают: продолжительность жизни, интегральные по времени характеристики физической и умственной работоспособности, самочувствие и функцию воспроизводства.

Меры защиты включают:

- снижение облучения населения от всех основных источников излучения;

- ограничение вредного действия на население нерадиационных факторов физической и химической природы;

- повышение резистентности и антиканцерогенной защищенности жителей;

- медицинскую защиту населения;

- повышение уровня радиационно-гигиенических знаний населения, психологическую помощь населению, помощь в преодолении преувеличенного восприятия опасности радиации;

- формирование здорового образа жизни населения;

- повышение социальной, экономической и правовой защищенности населения.

В случаях аварийных ситуаций принимаются дополнительные меры защиты, обеспечивающие снижение дозы облучения населения загрязненной территории и включающие:

* отселение жителей (временное или постоянное);
* отчуждение загрязненной территории или ограничение проживания и функционирования населения на этой территории;
* дезактивацию территории, строений и других объектов;
* систему мер в цикле сельскохозяйственного производства по снижению содержания радионуклидов в местной растительной и животной пищевой продукции;
* нормирование, радиационный контроль и выбраковку сельскохозяйственных и природных пищевых продуктов с последующей переработкой их в радиационно-чистые продукты, а также снабжение населения радиационно-чистыми пищевыми продуктами;
* внедрение в практику специальных правил поведения жителей и ведения ими приусадебного хозяйства.

Дополнительные меры также включают оптимизацию медицинского обслуживания населения и снижение доз облучения от других источников, в частности за счет ограничения поступления радона в жилые и производственные помещения.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Радиация играет огромную роль в развитии цивилизации на данном историческом этапе. Благодаря явлению радиоактивности был совершен существенный прорыв в области медицины и в различных отраслях промышленности, включая энергетику. Но одновременно с этим стали всё отчётливее проявляться негативные стороны свойств радиоактивных элементов: выяснилось, что воздействие радиационного излучения на организм может иметь трагические последствия. Подобный факт не мог пройти мимо внимания общественности.

Облученность от естественных источников радиации увеличилась за последние десятилетия за счет использования авиатранспорта, испытаний ядерного оружия, ввода в строй многочисленных атомных электростанций, широкого использования рентгенодиагностики в медицине, использования радиоизотопов и электронных устройств в быту.

И чем больше становилось известно о действии радиации на человеческий организм и окружающую среду, тем противоречивее становились мнения о том, насколько большую роль должна играть радиация в различных сферах человеческой деятельности.

Эпидемиологические и сравнительно-биологические исследования населения, животных, растений и микроорганизмов в районах с повышенным фоном естественной радиоактивности, несомненно, должны быть расширены. Они обогащают наши знания о результатах длительного действия малых доз ионизирующей радиации на биосферу. Решение вопроса о приспособлении организмов к повышенным уровням облучения, о стимулирующих, благоприятных влияниях малых доз радиации на существование популяций представляет огромный интерес, так же как и установление минимальных уровней, угнетающих, снижающих жизненные показатели популяций.

Исключительно большой практический интерес имеет проблема одновременного действия ионизирующей радиации и ряда других физических и химических факторов окружающей нас среды. Два аспекта этой проблемы особенно злободневны. Первый заключается в возможности уменьшить разрушающее действие радиации путем одновременного воздействия другого физического или химического фактора. Проблема защиты от вредного действия радиации – одна из самых актуальных проблем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зубрев, Н.И. Системы защиты среды обитания: учебник / Н.И. Зубрев, И.Ю. Крошечкина, М.В. Устинова.- М.: Кнорус, 2017.- 382 с.

2. Свергузова, С.В. Промышленная экология: учебно-практическое пособие / С.В. Свергузова, Н.С. Лупандина, Т.А. Василенко, Л.Н. Ольшанская.- Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова В.Г..-2017.- 125 с.

3. Ольшанская, Л.Н. Водопользование. Расчет оборудования для очистки природных и сточных вод (учебное пособие с грифом УМО по образованию в области химической технологии и биотехнологии / Л.Н. Ольшанская, Е.А. Татаринцева, С.В. Свергузова. - Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2015.- 168 с. (10,5 печ. л.).

4. Свергузова, С.В. Экологическая экспертиза. Ч.1. Охрана атмосферы: учебное пособие / С.В. Свергузова, Н.С. Лупандина, Л.Н. Ольшанская. – 4-е изд., испр и доп. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016.– 195 с.

5. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, В.А. Девисилов, А.В. Ильницкая, и др.; Под общей редакцией С.В. Белова.— 8-е издание, стереотипное.- М.: Высшая школа, 2009. — 616 с.

6. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов, 2-е изд. / под ред. Михайлова Л.А. – СПб.: Питер, 2008. -461 с.

7. Акимов В.А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учебное пособие / В.А. Акимов, Ю.Л. Воробьев, М.И. Фалеев и др. Издание 2-е, переработанное — М.: Высшая школа, 2007. — 592 с.

8. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян, О.Н. Русак - 12 издание, пер. и доп. - СПб. : Лань, 2008 . - 672 с.

9. Б.С. Мастрюков Опасные ситуации техногенного характера и защита от них. учебник для вузов / Б.С. Мастрюков. - М.: Академия, 2009. - 320 с.