



Некоммерческое
акционерное
общество

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ**

Кафедра охраны труда и
окружающей среды

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ
для студентов специальности
5В073100–Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Алматы 2014

Составитель: И.Ф. Мазалов. Основы радиационной безопасности. Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В073100 – Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. – Алматы: АУЭС, 2014. – 45 с.

Методические указания содержат теоретический материал в кратком изложении в соответствии с программой курса, что позволит студентам выполнить расчетно-графическую часть работы. Составлены тесты для самоподготовки, а также 2 задания расчетных задач по 12 вариантов.

Таблиц – 8, библиогр. – 6 назв.

Рецензент: Башкиров М.В.

Печатается по дополнительному плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2014 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2014 г.

Введение

Особый смысл в области ядерной и радиационной безопасности приобретает понятие «культура безопасности», включающая два общих компонента:

- необходимые рабочие условия в организации – ответственность управляющего уровня;
- позиция персонала на всех уровнях – реакция на эти условия.

Для изучающих данную дисциплину, в будущем для создания безопасных условий деятельности необходимо четко усвоить несколько элементов:

- личное осознание важности безопасности;
- знание и компетентность, обеспечиваются подготовкой, инструктажем персонала, а также самоподготовкой;
- приверженность, требующую демонстрации высокого приоритета безопасности на уровне руководителей и признании общих целей безопасности персоналом;
- мотивацию посредством методов руководства, постановки целей и создания системы поощрений и наказаний и посредством формирования внутренней позиции отдельных лиц;
- надзор, включающий практику ревизий и экспертиз и готовность реагировать на критическую позицию отдельных лиц;
- ответственность, через формальное установление и описание должностных обязанностей, и понимание их отдельными лицами.

В данной дисциплине изучаются вопросы строения вещества, взаимодействие заряженных частиц, фотонного излучения с веществом и их воздействие на биологические объекты и организм человека.

Изучение методов измерения ионизирующих излучений, дозиметров позволит правильно решать задачу коллективной и индивидуальной защиты персонала предприятия и населения.

Студенты получают знания об основных аспектах радиационной безопасности: законах в Республике Казахстан, которые предписывают порядок использования атомной энергии, санитарные нормы и правила, порядок обеспечения радиационной безопасности населения.

Курс состоит из лекций, практических занятий по решению задач, а также возможно написание студентами рефератов по радиационной безопасности, сдаче рубежного контроля, экзамена.

Изучение данной дисциплины основано на знании строения вещества, основах ядерной физики, химии и биологии.

Цель расчетно-графических работ – в приобретении навыков выполнения расчетов по различным темам ОРБ.

Общие методические указания

Требования по оформлению РГР.
Наличие элементов учебной работы.

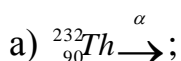
Элементы учебной работы	РГР
Титульный лист	+
Задание	+
Введение	+
Основная часть	+
Заключение	+
Список литературы	+
Приложения	±

1 Задачи для выполнения расчетных и графических работ

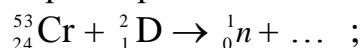
Задание 1

Вариант 1

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



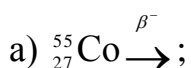
б) закончить уравнения ядерных реакций:



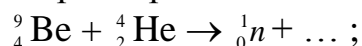
в) период полураспада изотопа серы ${}_{16}^{35}\text{S}$ равен 87,1 дня. Сколько останется от 10 мг этого изотопа через 8 месяцев и 21,3 дня?

Вариант 2

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



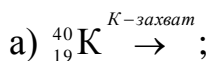
б) закончить уравнения ядерных реакций:



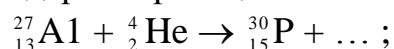
в) константа распада изотопа фосфора ${}_{15}^{32}\text{P}$ равна $5,622 \cdot 10^{-7}$. Вычислить период полураспада.

Вариант 3

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



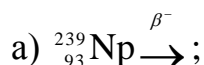
б) закончить уравнения ядерных реакций:



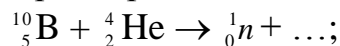
в) найти массу изотопа ${}^{81}\text{Sr}$ ($T_{1/2} = 8,5$ ч), оставшуюся через 25,5 ч хранения, если первоначальная масса его составляла 200 мг.

Вариант 4

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



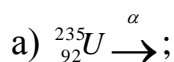
б) закончить уравнения ядерных реакций:



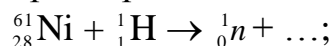
в) вычислить процент атомов изотопа ${}^{128}\text{I}$ ($T_{1/2} = 25$ мин), оставшихся нераспавшимися после его хранения в течение 2,5 ч.

Вариант 5

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



б) закончить уравнения ядерных реакций:

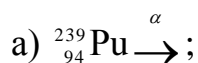


в) период полураспада β^- - радиоактивного изотопа ${}^{24}\text{Na}$ равен 15 ч.

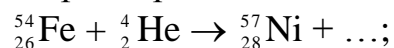
Написать уравнение реакции распада и вычислить, сколько граммов дочернего продукта образуется из 24 г ${}^{24}\text{Na}$ за 30 ч.

Вариант 6

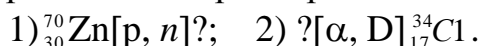
1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



б) закончить уравнения ядерных реакций:

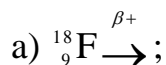


в) написать полные уравнения ядерных реакций:

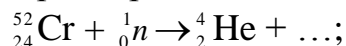


Вариант 7

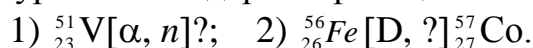
1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



б) закончить уравнения ядерных реакций:

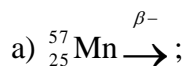


в) написать полные уравнения ядерных реакций:

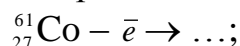


Вариант 8

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



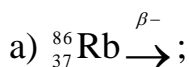
б) закончить уравнения ядерных реакций:



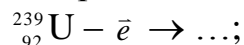
в) период полураспада изотопа кремния ${}_{16}^{35}\text{Si}$ равен 157 мин. Сколько останется от 10 мг этого изотопа через 300 мин?

Вариант 9

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



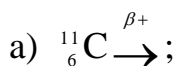
б) закончить уравнения ядерных реакций:



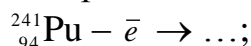
в) период полураспада изотопа меди ${}_{29}^{64}\text{Cu}$ равен 12,8 часа. Вычислить константу распада.

Вариант 10

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



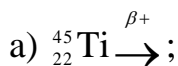
б) закончить уравнения ядерных реакций:



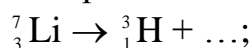
в) константа радиоактивного распада изотопа, отнесенная к 1 с, равна $1,4 \cdot 10^{-11}$. Каков период полураспада?

Вариант 11

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



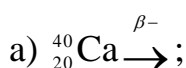
б) закончить уравнения ядерных реакций:



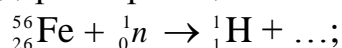
в) константа радиоактивного распада, отнесенная к году, равна 0,032. Рассчитать период полураспада.

Вариант 12

1. Закончить уравнения реакций радиоактивного распада:



б) закончить уравнения ядерных реакций:



в) средняя продолжительность жизни радиоактивного изотопа 86,4 ч. Рассчитать период его полураспада.

Задание 2

Вариант 1

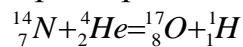
1. Энергетический эффект термоядерной реакции ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{D} = 2{}^4_2\text{He}$ равен 22,7 МэВ (1 МэВ = 10^6 эВ). Вычислите точное массовое число ${}^6_3\text{Li}$, если известны точные массовые числа изотопов, участвующих в ядерной реакции:

$$A_{{}^2_1\text{D}} = 2,014102, \quad A_{{}^4_2\text{He}} = 4,002603.$$

2. В районе нахождения разведывательного звена были измерены уровни радиации в 10 ч 30 мин $P_1 = 50$ Р/ч, в 11 ч 30 мин $P_2 = 30$ Р/ч. Определить время взрыва.

Вариант 2

1. Энергетический эффект ядерной реакции



равен -1,26 МэВ. Вычислить точное массовое число ${}^{14}_7\text{N}$, если известны точные массовые числа остальных изотопов, участвующих в ядерной реакции:

$$A_{{}^4_2\text{He}} = 4,002603;$$

$$A_{{}^1_1\text{H}} = 1,007825;$$

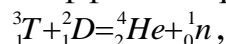
$$A_{{}^{17}_8\text{O}} = 16,999133.$$

2. Рабочие прибыли из укрытия в цех, расположенный в одноэтажном производственном здании, через 2 часа после взрыва. Уровень радиации на территории объекта через 1 ч после взрыва составлял $P_1 = 200$ Р/ч.

Определить экспозиционную дозу излучения, которую получат рабочие в цехе, если работа продолжается 4 ч.

Вариант 3

1. Рассчитайте энергетический эффект ядерной реакции



если известны точные массовые числа изотопов, участвующие в ядерной реакции:

$$A_{{}^3_1\text{T}} = 3,01604,$$

$$A_{{}^4_2\text{He}} = 4,002603,$$

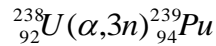
$$A_{{}^2_1\text{D}} = 2,014102,$$

$$A_{{}^1_0\text{n}} = 1,008665.$$

2. Грузчики начали работать на железнодорожных платформах ($K_{\text{осл}}=1,5$) через 3 ч после взрыва; уровень радиации на территории разгрузочной станции в это время 30 Р/ч. Определить допустимую продолжительность пребывания рабочих, если им установлена экспозиционная доза излучения 40 Р.

Вариант 4

1. Вычислите энергетический эффект ядерной реакции



в пересчете на 1 моль ${}^{238}\text{U}$, если известны точные массовые числа изотопов, участвующих в ядерной реакции:

$$A_{{}_{92}^{238}\text{U}} = 238,060760,$$

$$A_{\alpha} = 4,002603,$$

$$A_n = 1,008665,$$

$$A_{{}_{94}^{239}\text{Pu}} = 239,052161.$$

2. Разведгруппе ГО предстоит преодолеть зараженный участок местности. Известно, что уровни радиации на 1 ч после взрыва на маршруте движения составили: в точке №1 – 40 Р/ч, №2 – 90 Р/ч, №3 – 160 Р/ч, №4 – 100 Р/ч, №5 – 50 Р/ч. Определить допустимое время начала преодоления зараженного участка при условии, что экспозиционная доза излучения за время преодоления не превысит 6 Р. Преодоление участка будет осуществляться на автомашине ($K_{\text{осл}}=2$) со скоростью 30 км/ч, длина маршрута 15 км.

Вариант 5

1. Константа распада ${}_{92}^{238}\text{U}$ равна $4,88 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$. Чему равны период полураспада и средняя продолжительность жизни радиоизотопа?

2. Объект находится в 7,6 км к югу от центра предполагаемого ядерного взрыва мощностью 1 Мт; ожидаемый радиус круга рассеяния $R_{\text{рас.}} = 2,2 \text{ км}$ (с вероятностью попадания в цель 90 %). Определить значения параметров ударной волны и светового излучения, которые могут воздействовать на объект. Наиболее вероятные метеорологические условия: ветер восточный, скорость 5 м/с, видимость – до 5 км.

Вариант 6

1. Константа радиоактивного распада λ радиоизотопа ${}_{16}^{35}\text{S}$ равна $9,21 \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$. Определите период полураспада и среднюю продолжительность жизни.

2. На территории объекта уровень радиации через 1 ч после взрыва $P_t = 135 \text{ Р/ч}$. Определить время начала проведения СНАВР, количество смен и продолжительность работы каждой смены, если известно, что первая смена должна работать не менее $T=2 \text{ ч}$, а на проведение всех остальных работ потребуется 12 ч. Экспозиционная доза излучения на первые сутки установлена $D_{\text{зад}}=50 \text{ Р}$.

Вариант 7

1. Период полураспада радиоизотопа равен 14 сут. Сколько атомов этого радиоизотопа распадается за сутки, если начальное число атомов равно 10^{20} ? Сколько процентов атомов радиоизотопа останется неразложившимся?

2. Через 4 ч после ядерного взрыва измерен уровень радиации – 20 Р/ч. Требуется рассчитать уровень радиации на 8 часов после взрыва.

Вариант 8

1. Первый международный эталон радия был изготовлен Марией Кюри (1911), он содержал $16,74 \cdot 10^{-3}$ г чистого радия-226. Какая масса радия содержалась в этом эталоне в 1980 г? Период полураспада радия-226 равен 1617 лет.

2. Определить допустимую продолжительность пребывания рабочих на зараженной территории завода, если работы начались через 3 ч после ядерного взрыва, а уровень радиации в это время составлял 100 Р/ч. Для рабочих установлена доза 30 Р. Работы ведутся внутри каменных одноэтажных зданий с $K_{осл.}=10$.

Вариант 9

1. Образец чистого углерода 0,250 г содержит 15 % радиоактивного изотопа ^{14}C , период полураспада которого равен 5470 лет. Какова масса образца через 100 лет? Каково будет процентное содержание в нем изотопа ^{14}C .

2. На объекте через 1 ч после ядерного взрыва замерен уровень радиации 140 Р/ч. Требуется определить потребное количество смен для проведения спасательных работ, если известно, что первая смена должна работать не менее 2 ч, а на проведение работ потребуется около 24 ч. Доза облучения на первые сутки установлена 25 Р.

Вариант 10

1. Какова была первоначальная масса образца ^{60}Co , если после 25 лет его хранения разложилось 1,25 кг? Период полураспада ^{60}Co равен 5,27 лет.

2. В 15 ч 00 мин в районе расположения формирования ГО уровни радиации (P_1) составляли 30 Р/ч, а в 15 ч 30 мин (P_2) – 23 Р/ч. Определить время взрыва.

2 Общие понятия радиоактивности

На сложную природу атома указывал целый ряд явлений. Так янтарь, потертый о шерсть, притягивал легкие кусочки бумаги. Было открыто катодное излучение, представляющее собой поток отрицательно заряженных частиц (они отклонялись в электрическом поле в сторону положительного полюса), летящих с очень большой скоростью (скорость \bar{e} составляет $\approx 60\,000$ км/с, масса электрона $9,1095 \cdot 10^{-31}$ кг., заряд электрона равен $1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл). Эти частицы были названы *электронами* (гр. \bar{e} lektron – янтарь), а явления – электрическими.

Открытия конца XIX и начала XX в. подтвердили представления о сложности атомов. В 1896 г Анри Беккерель открыл способность соединений урана испускать невидимое излучение, действующее на фотографическую

пластинку, завернутую в черную бумагу. Супруги Пьер и Мария Кюри в 1898 г. установили, что этой способностью обладают также соединения тория и открыли в урановой руде два новых химических элемента – радий (лат. radius – луч) и полоний (лат. Polonia – Польша), обладающих очень большой активностью излучения. Совместно с братом П.Ж.Кюри открыл (1880г.) и исследовал пьезоэлектрические явления, установил закон, согласно которому существует обратная пропорциональность между магнитной восприимчивостью парамагнетиков и абсолютной температурой (закон Кюри). Он обнаружил, что для железа существует особая температура, выше которой исчезают его ферромагнитные свойства (точка Кюри). Было обнаружено биологическое действие радиоактивного излучения. Радиоактивное излучение стали использовать для определения абсолютного возраста урансодержащих минералов.

Радиоактивностью называют самопроизвольное превращение неустойчивого изотопа одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающееся испусканием элементарных частиц или ядер.

Вещества, обладающие способностью к этому лучеиспусканию, называются *радиоактивными*. Радиоактивность – свойство ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра (распадаться) с испусканием элементарных частиц высокой энергии (таблица 1). Ядра, обладающие такой способностью, называются *радионуклидами*. Радионуклид – радиоактивные атомы с данным массовым числом M_A и атомным номером Z , а для изомерных атомов и с данным энергетическим состоянием атомного ядра.

Радиоактивные вещества и их ионизирующие излучения нельзя распознать органолептическими методами: по цвету, запаху.

Супруги Кюри установили, что радиоактивное излучение неоднородно: под действием магнитного поля оно разделяется на три пучка, один из которых не изменяет своего первоначального направления, а два другие отклоняются в противоположные стороны.

Лучи, не отклоняющиеся в магнитном поле и, следовательно, не несущие электрического заряда, получили название γ -лучей. Они представляют собой электромагнитное излучение, сходное с рентгеновскими лучами и обладающее большой проникающей способностью.

Отклонение двух других пучков под действием магнитного поля показывает, что эти пучки состоят из электрически заряженных частиц. Противоположные же направления наблюдаемых отклонений свидетельствуют о том, что в состав одного пучка входят отрицательно заряженные частицы (этот вид излучения получил название β -лучей), а в состав другого (названного α -лучами) – частицы, обладающие положительным зарядом.

Установлено, что радиоактивные вещества излучают α , β , γ -лучи. Резерфорд в 1911 г. предложил ядерную модель строения атома. Атомы состоят из ядра в центре и электронов на орбитах с определенными энергиями связи. Ядра (нуклиды) состоят из протонов и нейтронов. Атомный

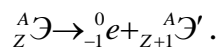
номер определен числом протонов в ядре, массовое число - числом протонов и нейтронов. Размер атомов $\approx 10^{-10}$ м, ядер и элементарных частиц 10^{-15} м. Масса протона равна $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг или по закону $E = mc^2 - 938,28$ МэВ.

α -частица – ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$ (ионизированный атом гелия). Альфа-частицы в электрическом поле отклоняются к отрицательно заряженному полюсу. При испускании α -частицы ядро теряет два протона и два нейтрона, следовательно, заряд ядра уменьшается на 2, а массовое число на 4. Дочернее ядро принадлежит элементу, смещенному в периодической системе на две клетки к началу системы по отношению к материнскому элементу: ${}^A_Z\text{Э} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{A-4}_{Z-2}\text{Э}'$. Поэтому α -лучи – это поток положительно заряженных частиц.

α -частицы обладают малой проникающей способностью – в воздухе они проходят путь в несколько сантиметров. Они хорошо задерживаются верхней одеждой.

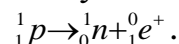
β^- – распад. β^- – частица – электрон. β^- – распаду предшествует процесс

${}^1_0n \rightarrow {}^0_{-1}e + {}^1_1p$, протекающий в ядре; таким образом, при испускании электро-на заряд ядра увеличивается на единицу, а массовое число не изменяется. Дочернее ядро – изобар исходного – принадлежит элементу, смещенному на одну клетку к концу периодической системы от места материнского элемента:

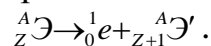


β^- – лучи – это поток электронов с единичным зарядом и массой в 1840 раз меньше массы атома водорода, движутся со скоростью $\approx 60\,000$ км/с и поэтому обладают большой проникающей способностью.

Позитронный распад. β^+ – частица – позитрон (e^+) – обладает массой электрона и зарядом, равным заряду электрона, но противоположным по знаку. Позитронному распаду предшествует ядерный процесс:

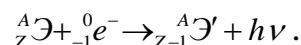


Число протонов в ядре при позитронном распаде уменьшается на единицу, а массовое число не изменяется. Образующееся ядро – изобар исходного ядра – принадлежит элементу, смещенному от материнского элемента на одну клетку к началу периодической системы элементов:



Электронный захват. При захвате ядром электрона с ближнего к ядру

K – слоя в ядре уменьшается число протонов вследствие протекания процесса: ${}^1_1p + {}^0_{-1}e^- \rightarrow {}^1_0n$. Заряд ядра уменьшается на единицу, а массовое число остается прежним. Дочернее ядро принадлежит элементу (изобару исходного элемента), смещенному по отношению к материнскому на одну клетку к началу периодической системы элементов:



При переходе периферийного электрона на освободившееся в K-слое место выделяется энергия в виде кванта рентгеновского излучения (γ -лучи).

γ -лучи имеют электромагнитную природу и представляют собой поток гамма-фотонов. γ -лучи имеют очень малую длину волны, а следовательно, обладают большой энергией, так как:

$$E = h\nu, \text{ т.е. } \nu = c/\lambda, E = h \cdot \frac{c}{\lambda}.$$

Поэтому они обладают большой проникающей способностью.

Радиоактивность-свойство ядер самопроизвольно превращаться в другие ядра (распадаться) с испусканием элементарных частиц высокой энергии (таблица 1). Ядра, обладающие такой способностью, называются радионуклидами. Радионуклид – радиоактивные атомы с данным массовым числом M_A и атомным номером Z , а для изомерных атомов и с данным энергетическим состоянием атомного ядра.

Естественная радиоактивность – это радиоактивность неустойчивых атомов, существующих в природе.

Искусственная радиоактивность – это радиоактивность изотопов, полученных в результате ядерных реакций.

Разновидности одного и того же изотопа, обнаруживающиеся наряду с периодом полураспада, соответствующим обычному γ -переходу, из метастабильного возбужденного состояния, называются *ядерными изомерами*. К ним относятся: *изотопы* ($Z = \text{const}$), и *изобары* ($M_A = \text{const}$).

Все типы радиоактивности сопровождаются испусканием γ -квантов ($E > 100$ кэВ). Ядро, испытывающее радиоактивный распад, называется *материнским*. Образующееся ядро называется *дочерним*.

Закон радиоактивного распада описывает зависимость величины радиоактивности от количества ядер радионуклида:

$$A = \lambda \cdot N,$$

где A - величина радиоактивности;

λ - постоянная распада, равная вероятности ядра испытать распад в течение 1 секунды;

N - общее количество ядер радионуклида.

Закон радиоактивного распада читается так: *число ядер радиоактивного элемента, распадающихся в единицу времени, прямо пропорционально общему количеству ядер.*

Самопроизвольный (спонтанный) распад атомных ядер на практике характеризуется величиной

$$T_{1/2} = 0,693 \cdot \frac{1}{\lambda},$$

называемой *периодом полураспада*, т.е. время, в течение которого, распадается половина радиоактивного элемента, т.е. активность уменьшается вдвое. Период полураспада служит для суждения об устойчивости радиоактивного элемента. В течение первого периода полураспада распадается $1/2$ часть от первоначального числа ядер изотопа N_0 и остается $1/2 N_0 = 2^{-1}N_0$ ядер. В течение второго периода распадается половина от $2^{-1}N_0$ и остается $1/2 \cdot 2^{-1}N_0 = 2^{-2} N_0$ ядер и т.д. В конце n -го периода полураспада

остается $2^{-n}N_0$ ядер исходного изотопа. Аналогичное выражение справедливо для массы (m) нераспавшегося изотопа:

$$m = 2^{-n}m_0,$$

где m_0 – исходная масса изотопа.

Величина $1/\lambda$ – это средняя продолжительность жизни радиоактивного изотопа, т.е. время, необходимое для полного разложения любого количества радиоизотопа при постоянной скорости распада. Связь между λ и $T_{1/2}$ описывается выражением:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Если радиоактивный изотоп имеет несколько типов радиоактивности, то общая постоянная распада $\lambda = \sum \lambda_k$, где суммирование проводится по всем типам радиоактивности, λ_k – парциальные постоянные распада. *Активность* – число распадов ядер данного вещества в единицу времени.

Энергетический эффект реакции определяют из соотношения:

$$E = B \cdot 931 \text{ МэВ},$$

где B – разность сумм массовых чисел до и после реакции (дефект массы).

3 Атомное ядро. Изотопы. Радиоактивность

Пример 1.

Вычислить период полураспада изотопа кальция $^{40}_{20}\text{Ca}$, константа радиоактивного распада $\lambda = 5,289 \cdot 10^{-8}$.

Решение.

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{5,289 \cdot 10^{-8}} = 1,31 \cdot 10^7 \text{ с} = 152 \text{ дня}.$$

Пример 2. Сколько останется от 0,5 г радия через 1000 лет. Период полураспада радия равен 1617 лет.

Таблица 1 – Основные типы радиоактивности

Тип радиоактивности	Изменение заряда ядра	Изменение массового числа M_A	Характер и основная реакция	Пример
1. Альфа-распад	$Z - 2$	$M_A - 4$	Вылет альфа-частицы ^4_2He $^{M_A}_{Z}\text{X} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{M_A-4}_{Z-2}\text{Y}$	$^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{222}_{86}\text{Rn}$
Бета-распад	$Z \pm 1$	M_A	$^{M_A}_{Z}\text{X} \rightarrow e_{\pm 1} + ^{M_A}_{Z \pm 1}\text{Y}$ Взаимное превращение в ядре нейтрона (^1_0n) и протона (^1_1p)	$^{40}_{19}\text{K} \rightarrow e_{-1} + ^{40}_{20}\text{Ca}$
β^- -распад β^+ -распад	$Z + 1$ $Z - 1$	M_A M_A	$n \rightarrow p + (e^- + \nu_e)$ $p \rightarrow n + (e^+ + \nu_e)$	$^{32}_{15}\text{P} \rightarrow e_{+1} + ^{32}_{14}\text{Si}$ $^{64}_{29}\text{Cu} + e_{-1} \rightarrow ^{64}_{28}\text{Ni}$ + характерист. рентгеновское

Электронный К-захват	$Z - 1$	M_A	$p + e^- \rightarrow n + (\nu e)$ частицы, вылетающие из ядра, νe , $\bar{\nu e}$ – электрическое нейтрино и антинейтрино $m_{\nu e} = m_e/2000$	излучение
Спонтанное деление	$Z_{1/2z}$	$M_{A(1/2A)}$	${}^{M_A}_{z}X \rightarrow {}^{M/2}_{z/2}Y + {}^{M/2}_{z/2}W$ Деление ядра идет обычно на два осколка, которые имеют приблизительно равные M_A и Z .	${}^{236}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{118}_{46}\text{Pd} + {}^{118}_{46}\text{Pd}$ Наиболее вероятно в осколках образование ${}^{95}_{38}\text{Sr}$ и ${}^{139}_{54}\text{Xe}$.
Протонная радиоактивность	$Z - 1$	$M_A - 1$	${}^{M_A}_{z}X \rightarrow {}^1_1p + {}^{M_A-1}_{z-1}X$	${}^{33}_{18}\text{Ar} \rightarrow {}^1_1p + {}^{32}_{17}\text{Cl}$

Решение.

$$n = \frac{1000}{1617} = 0,6186, \quad m_2 = 0,5z \cdot \frac{1}{2^{0,6186}} = 0,325z.$$

Пример 3.

Вычислить константу распада изотопа стронция ${}^{88}_{38}\text{Sr}$, $T_{1/2} = 54,5$ дня.

Решение.

$$54,5 \text{ дня} = 0,864 \cdot 10^5 \cdot 0,545 \cdot 10^2 = 0,4709 \cdot 10^7$$

$$\lambda = \frac{0,693}{0,4709 \cdot 10^7} = 1,472 \cdot 10^{-7}.$$

Пример 4.

Период полураспада радиоактивного изотопа натрия ${}^{23}_{11}\text{Na}$ равен 3 годам. Сколько останется от 1 г этого изотопа через 15 лет?

Решение.

$$n = \frac{15}{3} = 5, \quad m_0 = 1g \cdot \frac{1}{2^5} = 1g \cdot \frac{1}{32} = 0,0312g.$$

4 Уравнения ядерных реакций

Ядерные реакции, как и химические, выражаются уравнениями. В уравнении ядерной реакции символы исходных ядер и частиц записываются в левой части, а получающихся – в правой. В этих расчетах исчисления выполняются в секундах. Сумма массовых чисел всех ядер и частиц в правой части уравнения должна равняться сумме массовых чисел ядер и частиц в правой части. Алгебраическая сумма всех зарядов в левой части должна равняться алгебраической сумме их в правой части.

Пример 5.

Определение заряда и массового числа ядра элемента, образующегося в результате радиоактивного распада.

Ядро какого элемента получится, если ядро ${}_{92}^{238}\text{U}$ потеряет 8 α -частиц и 6 β -частиц?

Решение.

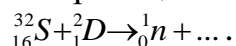
Излучение ядром атома элемента одной α -частицы приводит к уменьшению заряда его ядра на две единицы, а массового числа на четыре единицы. В результате излучения ядром атома урана 8 α -частиц заряд ядра уменьшается на 16 единиц, а массовое число на 32 единицы, т.е. образуется элемент, заряд которого равен $92 - 16 = 76$, а массовое число $238 - 32 = 206$.

При излучении ядром урана 6 β -частиц массовое число ядра практически не изменяется, а положительный заряд ядра возрастает на шесть единиц. Следовательно, образовавшийся при радиоактивном распаде элемент имеет заряд ядра 82, а массовое число этого ядра равно 206. Это один из изотопов свинца ${}_{82}^{206}\text{Pb}$.

Пример 6.

Составление уравнения ядерной реакции.

Составьте уравнение ядерной реакции:

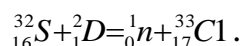


Решение.

Ядерные реакции записывают с помощью уравнений, подобных обычным химическим уравнениям, однако приводимых в этих уравнениях химические символы обозначают не атомы элементов, а лишь их ядра. При составлении ядерных реакций соблюдается равенство суммы зарядов и массовых чисел в левой и правой частях уравнения. При этом заряд электрона учитывается со знаком минус, а протона и позитрона – со знаком плюс. Нейтрон и γ -квант заряда не имеют. Кроме того, массы электронов, позитронов и γ -квантов не учитываются. В данном примере нужно определить, ядро какого элемента получится в результате ядерной реакции.

Сумма массовых чисел частиц в левой части уравнения $32 + 2 = 34$. В силу правила равенства сумм массовых чисел в правой части уравнения сумма массовых чисел частиц должна быть 34, значит, массовое число нового элемента 33.

Сумма зарядов в левой части уравнения $16 + 1 = 17$. Нейтрон заряда не имеет, значит, новый элемент имеет заряд 17; этим элементом будет изотоп хлора ${}_{17}^{33}\text{Cl}$. Ядерная реакция в полном виде:



Пример 7.

Определение точного массового числа ядра элемента, образующегося в результате ядерной реакции.

Энергетический эффект термоядерной реакции ${}^6_3\text{Li} + {}^2_1\text{D} = 2{}^4_2\text{He}$ равен 22,7 МэВ (1 МэВ (мегаэлектронвольт = 10^6 эВ). Электронвольт (эВ равен энергии, приобретаемой или теряемой частицей с единичным электрическим зарядом при прохождении ею разности потенциалов в 1 В). Вычислите

точное массовое число ${}^6_3\text{Li}$, если известны точные массовые числа изотопов, участвующих в ядерной реакции:

$$A_{r^2D} = 2,014102, \quad A_{r^4\text{He}} = 4,002603.$$

Решение.

Энергетический эффект ядерной реакции – количество выделившейся или поглощенной при ядерной реакции энергии, отнесенной к одному ядру. Энергетический эффект реакции определяют из соотношения

$$E = B \cdot 931 \text{ МэВ},$$

где B – разность сумм массовых чисел до и после реакции (эффект массы).

Следовательно,

$$B = A_{\text{Li}} + A_{\text{D}} - 2A_{\text{He}},$$

$$A_{\text{Li}} = 2A_{\text{He}} - A_{\text{D}} + B.$$

Так как известен энергетический эффект реакции, то можно узнать чему равен дефект массы в результате этой термоядерной реакции:

$$B = \frac{E}{931} = \frac{22,7}{931} = 0,024382.$$

Точное массовое число ${}^6\text{Li}$ равно

$$A_{\text{Li}} = 2 \cdot 4,002603 - 2,014102 + 0,024382 = 6,015486 \text{ а.е.м.}$$

Пример 8.

Вычисление периода полураспада и средней продолжительности жизни радиоизотопов.

Константа радиоактивного распада λ радиоизотопа ${}^{35}_{16}\text{S}$ равна $9,21 \cdot 10^{-8} \text{ с}^{-1}$. Определите период полураспада и среднюю продолжительность жизни.

Решение.

Согласно закону радиоактивного распада скорость радиоактивного распада изотопа пропорциональна общему числу атомов изотопа. Математически этот закон выражается соотношением

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t},$$

где N_0 – исходное число радиоактивных атомов в начальный момент распада;

N_t – число радиоактивных атомов по истечении времени t ;

e – основание натурального логарифма, равное 2,718;

λ – константа радиоактивного распада, характеризующая относительную долю атомов радиоизотопа, распадающихся в единицу времени.

На основе закона радиоактивного распада устанавливается взаимосвязь между основными константами радиоизотопа $T_{1/2}$, λ и τ . Константа радиоактивного распада λ радиоизотопа с периодом полураспада связана соотношением

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Период полураспада $T_{1/2}$ – время, в течение которого распадается половина первоначального количества радиоизотопа:

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{9,21 \cdot 10^{-8}} = 0,075 \cdot 10^8 \text{ c} = 2,08 \cdot 10^3 \text{ ч.}$$

Средняя продолжительность жизни радиоизотопа $\tau = \frac{1}{\lambda}$, τ - время, необходимое для полного разложения любого количества радиоизотопа при постоянной скорости распада:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{9,21 \cdot 10^{-8}} = 0,108 \cdot 10^8 \text{ c} = 3 \cdot 10^3 \text{ ч.}$$

Пример 9.

Определение степени распада радиоизотопа.

Период полураспада радиоизотопа равен 14 суток. Сколько атомов этого радиоизотопа распадается за сутки, если начальное число атомов равно 10^{20} ? Сколько процентов атомов радиоизотопа останется неразложившимся?

Решение.

Из понятия периода полураспада вытекает, что с каждым периодом распада количество изотопа уменьшается в 2 раза. Следовательно, если пройдет n периодов полураспада, то количество радиоизотопа уменьшится в 2^n раз. После n периодов полураспада неразложившимся останется следующее количество атомов радиоизотопа

$$N_t = N_0 \cdot 2^{-n},$$

где N_t – число атомов радиоизотопа после хранения в течение времени t ;

N_0 – первоначальное число атомов радиоизотопа;

n – число периодов полураспада,

$$n = \frac{t}{T_{1/2}}.$$

Аналогичное соотношение имеет место и в случае выражения количества радиоизотопа не числом атомов, а в массовых единицах:

$$m_t = m_0 \cdot 2^{-n}.$$

Для данного конкретного примера:

$$n = \frac{t}{T_{1/2}} = \frac{1}{14}; N_0 = 10^{20} \text{ атомов};$$

$$N_t = 10^{20} \cdot 2^{-1/14};$$

$$\lg N_t = 20 \lg 10 - \frac{1}{14} \lg 2 = 20 \cdot 1 - \frac{1}{14} \cdot 0,3010 = 20 - 0,0215 = 19,9785;$$

$$N_t = 9,516 \cdot 10^{19} \text{ атомов.}$$

Через сутки останется $9,516 \cdot 10^{19}$ неразложившихся атомов. За сутки разложилось $10 \cdot 10^{19} - 9,516 \cdot 10^{19} = 0,484 \cdot 10^{19}$ атомов. Неразложившиеся атомы радиоизотопа составляют:

$$\frac{9,516 \cdot 10^{19}}{10 \cdot 10^{19}} \cdot 100 = 95,16 \%.$$

5 Воздействие ядерного оружия

В зависимости от степени радиоактивного заражения различают и возможные последствия внешнего облучения в районе ядерного взрыва и на следе радиоактивного облака выделяют зоны умеренного, сильного, опасного и чрезвычайно опасного заражения.

Уровнем радиации называют мощность экспозиционной дозы (Р/ч) на высоте 0,7-1 м над зараженной поверхностью. Заражение измеряют в миллирентгенах в час. Уровень радиации зависит от плотности потока γ -квантов и их энергии. Энергия γ -квантов со временем изменяется незначительно, а плотность их уменьшается прямо пропорционально уменьшению активности радиоактивных продуктов.

Естественные процессы непрерывного распада радиоактивных продуктов приводят к спаду уровня радиации с течением времени, особенно резко в первые часы после взрыва. Изменение уровня радиации на зараженной местности может быть определено по тому же закону, по которому изменяется γ -активность радиоактивных изотопов

$$P_t = P_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-1,2}$$

или

$$P_t = P_0 \cdot K_t,$$

где P_0 – уровень радиации в момент времени t_0 после взрыва;

P_t – уровень радиации в рассматриваемый момент времени t , отсчитанный также с момента взрыва;

$K_t = \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-1,2}$ - коэффициент для пересчета уровней радиации на

различное время после взрыва.

Уровень радиации снижается в 10 раз при семикратном увеличении времени.

Большая часть радиоактивных осадков, которая вызывает сильное заражение местности, выпадает из радиоактивного облака в течение 10-20 ч после ядерного взрыва.

Для определения зависимости высоты образования возможных завалов от избыточного давления в зоне стихийного бедствия и в зависимости от плотности застройки и ширины улиц данного района города (от этого будет зависеть планирование работ по расчистке завалов на улицах), используем таблицу 2 и таблицу 3. Плотность застройки – это частное от деления общей площади застройки (суммы площадей застройки всех зданий) на площадь территории предприятия.

Таблица 2 – Возможность образования завалов в зависимости от избыточного давления при определенной ширине улиц

Этажность зданий	Ширина улицы, м		
	10-20	20-40	40-60
	Избыточное давление образования сплошных завалов, кПа		
2-3	50	90	–
4-5	40	70	110
6-8	30	50	100

Таблица 3 – Зависимость высоты сплошного завала от этажности и плотности застройки

Плотность застройки, %	Этажность зданий				
	1	2	4	6	8
	Высота сплошного завала, м				
20	0,3	0,6	1,3	1,7	2,1
30	0,5	0,9	1,9	2,8	3,1
40	0,6	1,2	2,5	3,7	4,2
50	0,8	1,6	3,1	4,6	5,2
60	0,9	1,7	3,8	5,6	6,2

Таблица 4 – Варианты условий задач, связанных с образованием сплошных завалов в зоне стихийного бедствия

Параметры	Варианты для примера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Избыточное давление, кПа	50	40	30	90	70	60	110	100	40	50
Плотность застройки, %	20	30	40	50	60	30	40	50	20	60
Ширина улиц	10	20	30	40	20	30	40	10	60	50
Этажность	6	5	4	2	3	7	8	6	5	3

Пример 10

Район города попадает в зону с избыточным давлением 50 кПа, плотность застройки 20 %, ширина улиц – 10 м, здания в основном трехэтажные. Определите возможность возникновения завалов и их высоту.

Решение:

Используя данные, приведенные в таблице 2, находим, что сплошные завалы в зоне стихийного бедствия будут образовываться при избыточном давлении 90 кПа. По таблице 3 находим высоту сплошных завалов для плотности застройки 50 %: она может составлять до 1,6 м.

На основании полученных данных необходимо планировать проведение работ по расчистке сплошных завалов в зоне стихийного бедствия.

Пример 11

Уровень радиации на территории объекта (в зоне стихийного бедствия) в 14⁰⁰ ч. составил 35 р/ч. Определите уровень радиации по истечении 1 часа после взрыва, если ядерный удар нанесен в 10⁰⁰ ч.

Решение.

1. Разность между временем ядерного взрыва и временем замера уровня радиации составляет 4 часа.

2. По таблице 5 находим коэффициент для пересчета уровня радиации по истечении 4 часов после взрыва. $K_4 = 0,189$.

3. По формуле $P_t = P_0 \cdot K_t$ определим начальный уровень радиации (уровень радиации после взрыва): $P_0 = P_4 / K_4 = 35 / 0,189 = 185,185$ р/ч.

4. Так как через 1 час после взрыва $K_t = 1$, то уровень радиации через час после взрыва определим по формуле: $P_1 = P_0 \cdot 1$. Он составляет: $P_1 = 185,185$ р/ч.

Очагом поражения при наводнении называется территория, в пределах которой произошли затопления местности, повреждения и разрушения зданий, сооружений и других объектов, сопровождающиеся поражением и гибелью людей, животных и урожая сельскохозяйственных культур, порчей и уничтожением сырья, топлива, продуктов питания, удобрений и т.п.

Масштабы наводнений зависят от высоты и продолжительности стояния опасных уровней воды, площади затопления, времени затопления (весной, летом, зимой) и др.

Определение размеров зон наводнений при прорывах плотин и затоплении при разрушении гидротехнических сооружений рассмотрим на примере 3.

Таблица 5 – Значения коэффициентов пересчета по истечению времени, t

Время t.ч. после взрыва	Коэффициент пересчета, K_t	Время t.ч. после взрыва	Коэффициент пересчета, K_t	Время t.ч. после взрыва	Коэффициент пересчета, K_t
0,5	2,3	9	0,072	18	0,031
1	1	10	0,063	20	0,027
2	0,435	11	0,056	22	0,024
3	0,267	12	0,051	24	0,022
4	0,189	13	0,046	26	0,020
5	0,145	14	0,042	28	0,018
6	0,116	15	0,039	32	0,015
7	0,097	16	0,036	36	0,013
8	0,082	17	0,033	48	0,01

Пример 12.

Объем водохранилища $W = 20$ млн.м³, ширина прорана $B = 15$ м, глубина воды перед плотиной (глубина прорана) $H = 20$ м, средняя скорость движения воды пропуска $V = 5$ м/с. Определить параметры волны пропуска на расстоянии 25 км от плотины при ее разрушении.

Решение.

1. Определим время прихода волны ($t_{пр}$) пропуска на заданное расстояние от плотины, равное 25 км по формуле:

$$t_{пр} = \frac{R}{V \cdot 3,6},$$

где R – заданное расстояние от плотины (км), скорость берем в км/ч, получим время прихода волны в часах на расстояние 25 км:

$$t_{25} = 25 / 5 \cdot 3,6 = 1,4 \text{ ч.}$$

2. По таблице 6 находим высоту волны (h) пропуска на заданное расстояние:

$$h_{25} = 0,2 \cdot H = 0,2 \cdot 25 = 5,0 \text{ м.}$$

3. Определяем время прохождения волны пропуска (t_{25}) на заданное расстояние по формуле $T = \frac{W}{N \cdot B \cdot 3600}$ находим время опорожнения водохранилища:

$$T = \frac{W}{N \cdot B \cdot 3600} = \frac{20 \cdot 10^6}{100 \cdot 15 \cdot 3600} = 3,7 \text{ ч.},$$

где N – максимальный расход воды на 1 м ширины прорана, м³ / с·м;

B – ширина протока или участка перелива воды через гребень не разрушенной плотины, м., тогда $t_{25} = 2,6 \cdot T = 2,6 \cdot 3,7 = 9,62$ ч.

Таблица 6 – Ориентировочная высота волны пропуска и время ее прохождения от плотины

Наименование параметров	Расстояние от плотины, км						
	0	25	50	100	150	200	250
Высота волны пропуска, h м	0,25H	0,2H	0,15H	0,075H	0,05H	0,03H	0,02H
Время прохождения волны пропуска, t, ч	T	1,7T	2,6T	4T	5T	6T	7T

Таблица 7

H м	5	10	25	50
N м ³ /с·м	10	30	125	350

Пример 13.

Начальник штаба ГО объекта из райотдела ЧС получил данные об условиях радиации на маршруте движения формирований объекта. Уровни

радиации через 1 час после ядерного взрыва составляют: 10 р/ч, 30 р/ч, 135 р/ч, 60 р/ч и 9 р/ч.

Определить дозу радиации, которую получит личный состав при преодолении следа через 3 часа после взрыва. Преодоление следа будет осуществляться на автомобилях со скоростью 20 км/ч. Длина участка заражения 40 км.

Решение.

1. Определяем средний уровень радиации (P_{cp}) как среднеарифметическую величину, т.е. делением суммы уровней радиации на число замеров:

$$P_{cp} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5}{5} = \frac{10 + 30 + 135 + 60 + 9}{5} = 48,8 \text{ р/ч.}$$

2. Рассчитываем время движения через зону заражения:

$$t = \frac{S}{V} = \frac{40}{20} = 2 \text{ ч.}$$

3. Определяем время с момента взрыва до пересечения середины зоны заражения. Преодоление начинается через 3 часа после взрыва. Весь путь займет 2 ч, следовательно, половину зоны формирования пройдут за 1 час, т.е. пересекут середину зоны через 4 часа с момента взрыва.

4. Рассчитываем уровень радиации через 4 часа после взрыва. Для этого воспользуемся таблицей 8, где указаны коэффициента пересчета уровней радиации на определенное время ($\frac{P_0}{P}$, где P_0 – уровень радиации на 1 час после взрыва; P – уровень радиации на время t после взрыва):

$$\frac{P_0}{P_4} = 5,28;$$
$$P_4 = \frac{P_{cp} \times t}{K_{ост}} = \frac{9,24 \times 2}{2} = 9,24 \text{ р.}$$

Ответ: доза радиации за время преодоления следа составляет: 9,24 р.

Приведение уровней радиации к одному времени после ядерного взрыва.

С течением времени происходит уменьшение уровней радиации.

Поэтому измеренные в различные промежутки времени уровни радиации имеют разные значения, что затрудняет задачу оценки радиационной обстановки.

Возникает необходимость пересчета значений уровней радиации с одного времени на другое. Причем при решении многих задач по оценке радиационной обстановки целесообразно измеренные уровни радиации привести ко времени 1 часа после взрыва. При этом облегчается задача по осуществлению контроля за спадом уровней радиации.

Спад уровней радиации подчиняется закономерности:

$$P = P_0 \times t^{-1,2} \quad (1)$$

Расчеты, связанные с определением уровней радиации на любое время после ядерного взрыва, можно ускорить, если использовать таблицы или графики, рассчитанные с помощью формулы (1).

Коэффициенты пересчета уровней радиации для различных промежутков времени t после ядерного взрыва приведены в таблице 8, которые представляют собой отношение уровня радиации после 1 часа от ядерного взрыва к уровню радиации на любое заданное время $\left(\frac{P_0}{P}\right)$. Поскольку в таблице уровень радиации после 1 часа от времени ядерного взрыва (P_0) принят за единицу, коэффициент пересчета $\left(\text{отношение } \frac{P_0}{P}\right)$ показывает, во сколько раз уменьшается уровень радиации за тот или иной промежуток времени t , прошедший после взрыва.

Пример 14.

На объекте через 2 ч после ядерного взрыва был измерен уровень радиации (P), который составлял 100 P/ч . Требуется определить, каким был уровень радиации на 1 ч после взрыва (P_0).

По таблице 8 в колонке «Время t , прошедшее после взрыва» напротив цифры 2 находим отношение $\frac{P_0}{P}$, равное 2,3:

$$\frac{P_0}{P} = 2,3; P_0 = P \times 2,3 = 100 \times 2,3 = 230 \text{ P/ч.}$$

Ответ.

Уровень радиации после 1 часа с момента ядерного взрыва составлял 230 P/ч .

Таблица 8 – Коэффициенты пересчета уровней радиации на заданное время

Время после взрыва, ч.	$\frac{P_0}{P}$	Время после взрыва, ч.	$\frac{P_0}{P}$	Время t после взрыва, ч.	$\frac{P_0}{P}$
0,5	0,43	34	68,84	84	203,7
0,75	0,71	35	71,27	85	206,6
1	1,00	36	73,72	86	209,6
1,25	1,31	37	76,17	87	212,5
1,5	1,63	38	78,65	88	215,5
1,75	1,96	39	81,16	89	218,4
2	2,30	40	83,66	90	221,4
2,25	2,65	41	86,16	91	224,3
2,5	3,00	42	88,69	92	227,3
2,75	3,37	43	91,24	93	230,2
3	3,74	44	93,78	94	233,2
3,25	4,14	45	96,34	95	236,2
3,5	4,50	46	98,93	96	239,2
3,75	4,88	47	101,5	100	251,2
4	5,28	48	104,1	104	263,3
4,5	6,08	49	106,7	108	275,5
5	6,90	50	109,3	112	287,7
5,5	7,73	51	111,9	116	300,2
6	8,59	52	114,7	120	312,6
6,5	9,45	53	117,2	132	350,5

7	10,33	54	119,9	144	389,1
7,5	11,22	55	122,6	156	428,3
8	12,13	56	125,2	168	468,1
8,5	13,04	57	127,9	192	549,5
9	13,96	58	130,6	216	633
9,5	14,90	59	133,4	240	718,1
10	15,85	60	136,1	264	805,2
11	17,77	61	138,8	288	893,9
12	19,72	62	141,6	312	984
13	21,71	63	144,3	336	1075
14	23,73	64	147,0	360	1169
15	25,73	65	149,8	384	1263
16	27,86	66	152,5	408	1358
17	29,95	67	155,3	432	1454
18	32,08	68	158,1	456	1552
19	34,24	69	160,9	480	1649
20	36,41	70	163,7	504	1750
21	38,61	71	166,5	528	1849
22	40,83	72	169,3	552	1951
23	43,06	73	172,2	567	2053
24	45,31	74	175,0	600	2152
25	47,58	75	177,8	624	2260
26	49,89	75	180,7	648	2365
27	52,19	77	183,5	672	2471
28	54,53	78	186,4	696	2577
29	56,87	79	189,3	720	2684
30	59,23	80	192,2	1080	4366
31	61,60	81	195,1	1440	6167
32	64,00	82	198,0	1800	8061
33	66,40	83	200,8	2160	10030

В таблице 8 P_0 – начальный уровень (например через 1 час),
 P – конечный уровень (например, через 4 часа).

Приведение уровней радиации к одному времени после ядерного взрыва

С течением времени происходит уменьшение уровней радиации. Поэтому измеренные в различные промежутки времени уровни радиации имеют разные значения, что затрудняет задачу оценки радиационной обстановки.

Возникает необходимость пересчета значений уровней радиации с одного времени на другое. Причем при решении многих задач по оценке радиационной обстановки целесообразно измеренные уровни радиации привести ко времени 1 часа после взрыва. При этом облегчается задача по осуществлению контроля за спадом уровней радиации.

Спад уровней радиации подчиняется закономерности:

$$P = P_0 \times t^{-1,2} \quad (1)$$

Расчеты, связанные с определением уровней радиации на любое время после ядерного взрыва, можно ускорить, если использовать таблицы или графики, рассчитанные с помощью формулы (1).

Коэффициенты пересчета уровней радиации для различных промежутков времени t после ядерного взрыва приведены в таблице 8, которые представляют собой отношение уровня радиации после 1 часа от ядерного взрыва к уровню радиации на любое заданное время $\left(\frac{P_0}{P}\right)$. Поскольку в таблице уровень радиации после 1 часа от времени ядерного взрыва (P_0) принят за единицу, коэффициент пересчета $\left(\text{отношение } \frac{P_0}{P}\right)$ показывает, во сколько раз уменьшается уровень радиации за тот или иной промежуток времени t , прошедший после взрыва.

Пример 15.

На объекте через 2 ч после ядерного взрыва был измерен уровень радиации (P), который составлял 100 P/ч . Требуется определить, каким был уровень радиации на 1 ч после взрыва (P_0).

По таблице 8 в колонке «Время t , прошедшее после взрыва» напротив цифры 2 находим отношение $\frac{P_0}{P}$, равное 2,3:

$$\frac{P_0}{P} = 2,3; P_0 = P \times 2,3 = 100 \times 2,3 = 230 \text{ P/ч}.$$

Ответ. Уровень радиации после 1 часа с момента взрыва составлял 230 P/ч .

Пример 15.

На объекте через 3 часа после ядерного взрыва уровень радиации составлял 200 P/ч . Определите уровень радиации после 10 часов с момента взрыва.

По таблице 8 находим отношение $\frac{P_0}{P_3} = 3,74$; $\frac{P_0}{P_{10}} = 15,85$.

Используя метод пропорции, находим уровень радиации через 10 часов после взрыва:

$$P_0 = P_3 \times 3,74; P_0 = P_{10} \times 15,85;$$

приравнивая правые части уравнений, получим

$$P_3 \times 3,74 = P_{10} \times 15,85,$$

из данного уравнения находим P_{10} :

$$P_{10} = \frac{P_3 \cdot 3,74}{15,85} = \frac{200 \cdot 3,74}{15,85} \approx 47 \text{ P/ч}.$$

Ответ. Уровень радиации через 10 часов после взрыва составит приблизительно 47 P/ч .

Для решения подобных задач можно использовать график, построенный в координатах: на горизонтальной оси откладываем время, прошедшее после ядерного взрыва, а на оси ординат (на вертикальной оси) – отношение уровня радиации на любое заданное время P_t к уровню радиации через 1 час после взрыва P_0 (P_t/P_0), выраженное в процентах.

Пример 16.

Через 4 часа после ядерного взрыва измерен уровень радиации, равный 20 P/ч . Необходимо рассчитать уровень радиации для данного объекта через 8 часов после взрыва.

Порядок пользования графиком зависимости P/P_0 .

Для этого из точек на горизонтальной оси, соответствующих 4 и 8 ч, проведем вертикальные линии до пересечения с наклонной прямой, характеризующей спад уровней радиации с течением времени. Из полученных точек пересечения проведем горизонтальные линии до пересечения с вертикальной осью графика. В точках пересечения находим, что уровни радиации через 4 и 8 ч после взрыва составляют соответственно 20 и 80 % от уровня радиации через 1 час.

Составим пропорцию, находим уровень радиации через 8 ч после взрыва:

$$20 \text{ P/ч} - 20 \% \quad \text{отсюда } x = \frac{20 \times 8}{20} = 8 \text{ P/ч.}$$
$$x \text{ P/ч} - 8 \%$$

Ответ. Уровень радиации на объекте через 8 ч после взрыва составит 8 P/ч .

Определение времени, прошедшего после ядерного взрыва.

При оценке радиационной обстановки штабы ГО объектов не всегда могут располагать данными о времени ядерного взрыва, в результате которого произошло радиоактивное заражение территории объекта или размещения (отдыха) рабочих и служащих в загородной зоне.

В этих случаях время ядерного взрыва определяется по таблице 8.

Порядок пользования таблицей.

Пример 17.

В 12^{00} (t_1) на территории объекта измерен уровень радиации P_1 , равный 140 P/ч . Спустя 30 минут, т.е. в 12^{30} (t_2), в той же точке был измерен уровень радиации P_2 , равный 85 P/ч .

Определить время ядерного взрыва.

Решение.

1. Находим отношение уровня радиации при втором измерении P_2 к уровню радиации при первом измерении P_1 :

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{85}{140} = 0,6$$

2. Определяем промежуток времени между двумя измерениями:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 12^{30} - 12^{00} = 30 \text{ мин.}$$

По таблице 8 на пересечении колонок $\Delta t = 30$ мин и отношении $\frac{P_2}{P_1} = 0,6$

находим время, прошедшее после взрыва до второго измерения, которое равно 1 ч 30 мин. Следовательно, ядерный взрыв произошел в 11^{00} :

$$12^{30} - 1^{30} = 11^{00}.$$

Пример 18.

В 6⁰⁰ на объекте измерен уровень радиации P_1 , равный 12 P/ч. Спустя 3 ч, т.е. в 9⁰⁰, замерен уровень радиации P_2 , равный 4,3 P/ч. Определить время ядерного взрыва.

Решение.

1. Находим отношение уровня радиации при втором измерении к уровню радиации при первом измерении:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{4,3}{12} \approx 0,35.$$

2. Определяем промежуток времени между двумя измерениями:

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 9^{00} - 6^{00} = 4^{00}.$$

При определении времени ядерных взрывов замером уровней радиации через различные промежутки времени следует руководствоваться правилом: при резком спаде уровней радиации промежуток между замерами может быть небольшим – 15, 30, 45 мин, а при медленном спаде – более продолжительным – от 1 до 6 ч.

Методика решения основных задач по оценке радиационной обстановки.

Определение времени ввода формирований на объекты для проведения спасательных и неотложных аварийно-спасательных работ.

Территория объекта, подвергнутая ядерному заражению, оказывает серьезное влияние на организацию и ведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ. Во-первых, преждевременный ввод формирований в зоны сильного и опасного заражения может привести к поражению личного состава. Во-вторых, помощь рабочим и служащим в заваленных убежищах и укрытиях может оказаться несвоевременной, если переоценить степень опасности радиоактивного заражения.

Таким образом, при оценке влияния радиоактивного заражения на ведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ необходимо, прежде всего, исходить из интересов выполняемой задачи и одновременно принимать все необходимые меры по обеспечению безопасности личного состава формирований.

К таким мерам следует отнести посменную организацию работ, строгий контроль за полученными дозами облучения, использование средств индивидуальной защиты и защитных свойств уцелевших зданий, сооружений, транспортных средств, своевременное проведение санитарной обработки людей и специальной обработки техники.

Исходными данными для определения времени ввода формирований на объекты для проведения спасательных работ являются:

– уровни радиации на объекте (если площадь объекта в несколько гектар, то уровни радиации необходимо иметь по наиболее важным цехам, местам размещения убежищ, укрытий);

– установленная доза облучения на первые сутки работы или на весь период ведения спасательных и аварийно-восстановительных работ в очаге поражения.

Время ввода спасателей зависит не только от уровней радиации и установленной нормы облучения, но и от продолжительности работы смены.

Например, объект оказался на границе зоны опасного заражения с уровнем радиации 240 Р/ч после взрыва прошел 1 ч. На первые сутки работы установлена допустимая доза облучения 25 Р.

Если при этих условиях ввести формирования на объект через 1 ч после взрыва, то личный состав получит дозу 25 Р за 7 минут пребывания в очаге поражения.

Эту же дозу личный состав получит за 1 ч, если войдет в очаг через 6 ч после взрыва, или же за 4 ч, если войдет через 19 ч после взрыва.

Следовательно, время ввода формирований в очаг поражения при радио-активном заражении зависит от уровней радиации, установленных допустимых доз облучения и продолжительности работы смены. Вводить формирование в очаг поражения на несколько минут не целесообразно, так как на выполнение определенного вида спасательных и неотложных аварийно-спасательных работ потребуется не менее 1 ч.

Начальник гражданской обороны и его штаб устанавливают продолжительность каждой смены, их состав, учитывая уровни радиации, условия пребывания рабочих и служащих, которые окажутся в заваленных убежищах и укрытиях и в интересах спасения которых вводятся силы гражданской обороны в очаги поражения.

Время ввода формирований в очаги поражения может быть рассчитано с достаточной точностью по формуле

$$D = 5P_0(t_{\text{ВХ}}^{-0,2} - t_{\text{ВЫХ}}^{-0,2}),$$

где D – установленная доза на период проведения работ, Р;

P_0 – уровни радиации через 1 час после взрыва, Р/ч ;

$t_{\text{ВХ}}$ – время входа в зону заражения, ч;

$t_{\text{ВЫХ}}$ – время выхода из зоны заражения, ч.

Определение времени ввода формирований в зоны радиоактивного заражения связано со сложными математическими расчетами, что затрудняет ее практическое применение в условиях боевой обстановки. В связи с этим на основе формулы разработаны таблицы и график, которые позволяют определить время ввода первой и последующих смен на объекты для проведения спасательных работ с учетом конкретных уровней радиации и установленных доз облучения. Варианты таблиц приведены в таблице 9.

С помощью этих таблиц можно рассчитать время ввода формирований ГО на объекты для проведения спасательных работ при уровнях радиации от 8 до 1500 Р/ч , установленных дозах облучения на первые сутки работы 10, 15, 20, 25 и 50 Р и продолжительности работы первой смены 2 ч.

Пример 19.

На объекте через 2 ч после ядерного взрыва был замерен уровень радиации, равный 35 P/ч . Необходимо определить время ввода первой и последующих смен и продолжительность их работы, если известно, что первая смена должна работать не менее 2 ч. Доза облучения, установленная на первые сутки работы, не должна превышать 25 P .

Решение.

1. С помощью таблицы 8 производим пересчет уровня радиации с 2 ч на 1 ч после ядерного взрыва:

$$\frac{P_1}{P_2} = 2,3; P_1 = P_2 \times 2,3 = 35 \times 2,3 \approx 80 \text{ P/ч}.$$

2. По таблице 9 на пересечении горизонтальной и вертикальной колонок напротив значений « 80 P/ч » и « 25 P » находим ответ.

Первая смена может войти на объект для проведения спасательных работ через 3,8 ч после взрыва и работать в течение 2 ч; вторая смена войдет через 5,8 ч после взрыва и может работать в течение 3,4 ч; третья смена войдет через 9,2 ч после взрыва и может работать в течение 6,2 ч и т.д.

Время входа формирований на объекты для проведения спасательных работ и продолжительность работ смен могут определяться с помощью графика в координатах: на вертикальной оси время $t_{\text{вх}}$ входа смены, а на горизонтальной оси отношение $\frac{P_0}{D_y}$ (P_0 – уровень радиации в районе проведения работ на 1 ч после взрыва, P/ч ; D_y – установленная доза облучения, P) или таблице 8.

На вертикальной оси этого графика (рисунок 1) показано время входа $t_{\text{вх}}$ смены, а на горизонтальной оси отношение

$$\frac{P_0}{D_y},$$

где P_0 – уровень радиации в районе проведения работ после 1 ч с момента взрыва, P/ч ;

D_y – установленная доза облучения, P .

$\frac{P_0}{D_y}$ - показывает: во сколько раз уровень радиации на 1 час после взрыва превышает установленную дозу. Порядок расчета времени ввода первой и последующих смен на объект для ведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ в условиях радиоактивного заражения с помощью графика показан в примере 11.

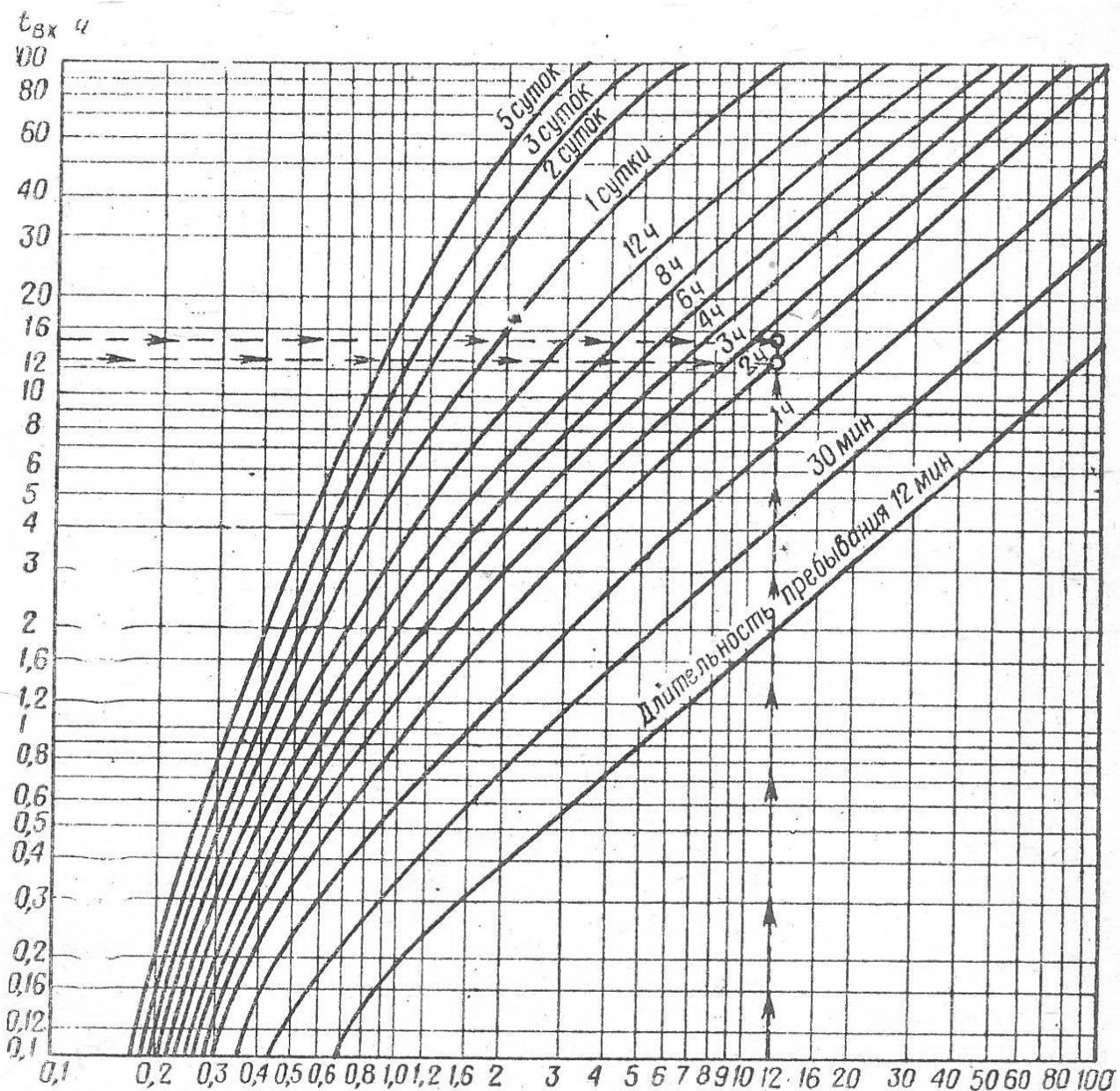


Рис. 1 График для определения времени входа и пребывания людей в зонах радиоактивного заражения.

Пример 20.

Заражение объекта закончилось через 3 ч после ядерного взрыва. Уровень радиации в момент измерения был 80 P/ч . Определить время ввода первой и последующих смен, если известно, что первая смена должна работать не менее 2 ч, а допустимая доза облучения установлена 25 P для каждой смены.

Решение.

1. Уровень радиации через 1 час после взрыва определяем с помощью коэффициента из таблице 8. Для $t = 3$ значение

$$\frac{P_0}{P} = 3,74.$$

Отсюда $P_0 = P \times 3,74 \approx 300 \text{ Р/ч}$.

2. Определяем значение

$$\frac{P_0}{D_y} = \frac{300}{25} = 12.$$

По графику рисунка 1 для $\frac{P_0}{D_y}$, и продолжительности работы первой смены, равной 2 ч, находим время ввода первой смены, которое равно 13 ч после ядерного взрыва. Следовательно, вторая смена войдет через 15 ч после ядерного взрыва и будет работать 2,5 ч.

Расчет потребного количества смен для выполнения полного объема спасательных работ.

Всесторонняя оценка обстановки в очаге поражения позволит спланировать ведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на объекте и определить потребность в силах и средствах, т.е. с учетом не только радиоактивного заражения, но и характера разрушения производственных зданий и защитных сооружений.

Ясно, что количество сооружений и степень их разрушения определяют объем спасательных и неотложно-восстановительных работ, на основе которого с достаточной точностью можно установить время, необходимое для проведения и завершения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ.

Имея точные данные о продолжительности ведения спасательных работ и уровнях радиации на объекте, можно рассчитать потребное количество смен на весь период работ.

Потребное количество смен n определяется путем деления суммарной дозы облучения D_c , которая может быть получена на открытой местности за все время работ, на установленную для каждой смены дозу облучения D_y :

$$n = \frac{D_c}{D_y}.$$

Для определения потребного количества смен необходимо иметь следующие исходные данные:

- уровни радиации на объекте;
- установленную дозу облучения для каждой смены на весь период проведения спасательных работ;
- продолжительность ведения спасательных работ.

Потребное количество смен может быть определено расчетным путем или же с помощью таблиц.

В таблице приведены данные о потребном количестве смен для ведения спасательных работ в течение 12, 24, 36, 48, 72 и 96 ч. при установленных дозах облучения 25, 50 и 100 Р и продолжительности работы первой смены 2 ч.

Расчет потребного количества смен с использованием формулы рассмотрим в примере 21.

Пример 21.

На объекте через 1 час после ядерного взрыва замерен уровень радиации 240 Р/ч .

Необходимо определить потребное количество смен для ведения спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ на объекте, если известно, что продолжительность работы первой смены должна быть не менее 1 ч, а доза облучения для каждой смены установлена 25 Р . На проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ потребуется около 12 ч.

Решение.

По графику рисунка 1 находим время ввода первой смены. Оно равно 6 ч после ядерного взрыва.

Определяем время окончания работы последней смены: $6 + 12 = 18 \text{ ч}$ после взрыва.

По таблице 10А [3] находим суммарную дозу (D_c), которую получит личный состав всех смен за 12 ч работы.

Для времени входа 6 ч и пребывания 12 ч доза равна $68,7 \text{ Р}$.

В таблице 10А и 10Б [3] приведен расчет доз для уровня радиации 100 Р/ч , а в нашем примере уровень радиации 240 Р/ч , поэтому суммарная доза за 12 ч при уровне радиации 240 Р/ч будет в 2,4 раза больше, чем при уровне радиации 100 Р/ч :

$$D_c(240 \text{ Р/ч}) = D_c(100 \text{ Р/ч}) \frac{P_2}{P_1} = 68,7 \cdot \frac{240}{100} = 165 \text{ Р}.$$

Находим потребное количество смен:

$$n = \frac{D_c}{D_v} = \frac{165}{25} \approx 7 \text{ смен}.$$

Расчет потребного количества смен с помощью таблицы рассмотрим в задаче 22 [3].

Пример 22.

На объекте через 1 час после ядерного взрыва замерен уровень радиации 80 Р/ч . По данным инженерной разведки, на проведение спасательных работ потребуется около 24 часов. Необходимо определить потребное количество смен для проведения спасательных работ, если известно, что первая смена должна работать не менее 2 часов и доза облучения на первые сутки установлена 25 Р .

На пересечении колонок горизонтальной « 80 Р/ч » и вертикальной «24 ч и 25 Р » находим ответ: 4 смены.

Определение дозы радиации, которую могут получить рабочие и служащие в зонах радиоактивного заражения на открытой местности или в укрытиях.

В целях недопущения переоблучения рабочих и служащих при их пребывании на зараженной местности необходимо рассчитать дозы, которые они могут получить за определенное время пребывания на зараженной открытой местности.

В таблицах 10А и 10Б приведены дозы радиации для уровня радиации 100 Р/ч через 1 час после взрыва. Для определения доз облучения для других значений уровней радиации необходимо найденную по таблице дозу облучения умножить на отношение $P/100$, где P – фактический уровень радиации через 1 ч после взрыва.

Порядок пользования таблицами 10А и 10Б следующий.

Пример 23.

На объекте через 1 ч после ядерного взрыва замерен уровень радиации 240 Р/ч . Необходимо определить дозы, которые получают рабочие и служащие объекта на открытой местности и в производственных помещениях за 5 ч, если известно, что облучение началось через 10 ч после ядерного взрыва.

Решение.

1. На пересечении вертикальной колонки «Время начала облучения с момента взрыва» (10 ч) и горизонтальной колонки «Время пребывания (5 ч)» находим дозу облучения на открытой местности при уровне радиации 100 Р/ч , которая равна $24,5 \text{ Р}$ [3].

Очевидно, что при уровне радиации 240 Р/ч эта доза будет в 2,4 раза больше:

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{240}{100} = 2,4.$$

Рабочие и служащие объекта за 5 ч пребывания на открытой местности получают дозу D_0 , равную 60 Р :

$$D_0 = 24,5 \times 2,4 = 58,8 \text{ Р}.$$

2. Для определения дозы $D_{\text{П}}$, которую получают рабочие и служащие за 5 ч пребывания в производственных помещениях, необходимо найденную дозу для открытой местности D_0 разделить на коэффициент ослабления радиации производственными помещениями ($K_{\text{осл}}$).

По таблице 4 [3] находим $K_{\text{осл}}$ для производственных зданий, который для нашей задачи равен 7.

Тогда

$$D_{\text{П}} = D_0 : 7 = 58,8 : 7 = 8,4 \text{ Р}.$$

Рабочие и служащие, находящиеся в цехах, получают дозу $8,4 \text{ Р}$, т.е. в семь раз меньшую, чем при пребывании на открытой местности.

Определение допустимого времени пребывания на местности, зараженной радиоактивными веществами.

При действиях на местности, зараженной радиоактивными веществами, может возникнуть необходимость определения допустимого времени пребывания с учетом установленной дозы облучения.

Это время определяется по таблице 11[3].

Исходными данными для решения этой задачи являются: установленная доза облучения время взрыва, в результате которого произошло радиоактивное заражение, а также уровень радиации на местности к моменту вступления в зараженный район.

Пример 24.

Ядерный взрыв произошел в 12⁰⁰. Формирование получило задачу: прибыть в район ведения работ через 2 ч после взрыва, где к этому времени будет уровень радиации 12,5 P/ч. Допустимая доза облучения на время работ установлена 25 P.

Решение.

1. Находим отношение $\frac{D}{P} = \frac{25}{12,5} = 2$.

2. В таблице 11 [3] на пересечении вертикальной ($D/P = 2$) и горизонтальной ($t = 2$) колонок определяем результат.

Время пребывания в зараженной зоне при данных условиях не должно превышать 4 ч.

Режимы работы объекта в условиях радиоактивного заражения определяются по специально разработанным для этого методикам.

Определение времени эвакуации (вывода) рабочих и служащих из зон сильного и опасного заражения.

При применении ядерного оружия объекты, расположенные с подветренной стороны от центра ядерного взрыва на удалении, исключающем воздействие ударной волны, а также рабочие и служащие свободных от работы смен в загородной зоне могут подвергнуться сильному и опасному заражению. В этом случае штабы ГО объектов должны определить целесообразное время эвакуации (вывода) рабочих и служащих из зон опасного и сильного заражения на незараженную местность, т.е. определить время вывода, при котором исключается переоблучение людей сверх установленных доз. Эта задача решается расчетным путем с использованием формулы:

$$D = \frac{P_{cp} \cdot t}{K_{осл}},$$

где D – доза, получаемая рабочими и служащими за время выхода из зараженного района, P;

P_{cp} – средний уровень радиации на отрезке пути, по которому осуществляется вывод, P/ч;

t – время вывода, ч;

$K_{осл}$ – коэффициент ослабления радиации транспортными средствами, используемыми для эвакуации рабочих и служащих.

Средний уровень радиации ($P_{ср}$) определяется путем деления суммы замеров уровней радиации на маршруте эвакуации на число замеров. Однако, учитывая, что эвакуация с объектов, оказавшихся в зонах опасного и сильного заражения, осуществляется в направлении ближайших границ слабого заражения и при этом должно исключаться пересечение оси следа, средний уровень радиации рассчитывается путем деления пополам уровня радиации, замеренного на объекте.

Время выхода t определяется путем деления протяженности отрезка пути выхода S на среднюю скорость движения транспорта u :

$$t = \frac{S}{u}.$$

При определении целесообразного времени эвакуации (вывода) людей из зон опасного заражения необходимо также учитывать степень их защищенности в зонах заражения.

Пример 25.

На объекте через 1 ч после взрыва уровень радиации составлял $1000 P/ч$. Безопасный район находится от объекта на удалении 8 км. Для эвакуации рабочих и служащих будет использоваться автомобильный транспорт ($K_{осл} = 2$).

Рабочие и служащие находятся в убежищах ($K_{осл} = 1000$ и более) и проти-ворадиационных укрытиях ($K_{осл} = 200$ и более).

Скорость движения автомобильного транспорта 20 км/ч. Требуется определить:

- дозу облучения, которую получают рабочие и служащие за время эвакуации, если вывод будет осуществляться через 1 ч после взрыва;
- целесообразное время выхода, при котором доза облучения не превышала $10 P$.

Решение.

1. Находим средний уровень радиации:

$$P_{ср} = \frac{P_{МАКС}}{2} = \frac{1000}{2} = 500 P/ч.$$

2. Находим время движения по зараженному участку:

$$T = \frac{S}{u} = \frac{8}{20} = 0,4ч$$

3. Находим дозу, которую получают рабочие и служащие при выходе из района заражения через 1 ч:

$$D = \frac{P_{ср}}{K_{осл}} \cdot t = \frac{500}{2} \cdot 0,4 = 100P/ч.$$

4. По условиям задачи требуется определить также целесообразное время выхода рабочих и служащих, при котором доза облучения за время эвакуации не превышала бы $10 P$, т.е. была бы в 10 раз меньше дозы

облучения при выходе из зараженного района через 1 час после взрыва ($D_1/D_{10}=100:10=10$).

Очевидно, что это будет соответствовать времени, в течение которого уровень радиации уменьшится в 10 раз. По таблице 8 находим время, в течение которого уровень радиации уменьшится в 10 раз:

$$P_0/P = 10.$$

Этому отношению соответствует время 7 часов после взрыва.

5. Находим дозу, которую получают рабочие и служащие за время пребывания в убежищах и противорадиационных укрытиях за 7 ч. При помощи таблицы 10 [3, стр. 64] находим дозу облучения на открытой местности за 7 ч. Она равна 1700 Р ($170 \cdot 10$).

В убежищах за 7 ч люди получают дозу 1,7 Р, а в противорадиационных укрытиях – 8,5 Р.

Следовательно, целесообразным временем эвакуации рабочих и служащих следует считать 7 ч спустя после ядерного взрыва. За время эвакуации рабочие и служащие получают дозу, равную 10 Р.

В ряде случаев при решении подобного рода задач необходимо учитывать дозы облучения, которые получают люди при передвижении из убежищ (укрытий) к транспортным средствам. Это необходимо сделать, если транспортные средства не могут подойти непосредственно к укрытиям, и перемещение на открытой местности занимает несколько минут и более. При

таких обстоятельствах доза за время пешего перехода на открытой местности

и за время посадки вычисляется умножением уровня радиации на промежуток времени, затрачиваемый на выход и посадку.

6 Тестовые задания для самоконтроля с указанием ключей правильных ответов

\$\$\$ 1

Какие тяжелые частицы Вы знаете:

- А) протоны, дейтроны, α -частицы, продукты деления и др.;
- Б) электроны, нейтроны;
- В) дейтроны, электроны;
- Г) α -частицы, электроны.

\$\$\$ 2

Нейтроны бывают:

- А) холодные;
- Б) тепловые;
- В) быстрые;
- Г) холодные, тепловые, быстрые.

\$\$\$ 3

Нейтроны деления образуются при делении:

- А) атомов;
- Б) электронов;
- В) атомных ядер;
- Г) позитронов.

\$\$\$ 4

Что такое ПДД?

- А) предельно-допустимая доза;
- Б) предельно доза допустимая;
- В) пороговая допустимая доза;
- Г) значение ЭД за год, не вызывающее (при действии в течение 50 лет) неблагоприятных изменений.

\$\$\$ 5

Что измеряют дозиметром?

- А) перенос энергии;
- Б) перенос и передачу энергии;
- В) передачу энергии;
- Г) передачу ионизирующего излучения.

\$\$\$ 6

В чем измеряется энергия ионизирующего излучения?

- А) Дж/м²;
- Б) Дж/кг;
- В) Дж;
- Г) Дж/с.

\$\$\$ 7

В чем измеряется доза излучения (поглощенная доза излучения)?

- А) Дж/м²;
- Б) Дж/кг;
- В) Дж;
- Г) Дж/с.

\$\$\$ 8

В каких единицах выражается керма?

- А) Дж/м²;
- Б) Дж/кг;
- В) Дж;
- Г) Дж/с.

\$\$\$ 9

В каких единицах выражается мощность кермы?

- А) Вт·м²;

- Б) Вт;
- В) Вт/кг;
- Г) Вт/м².

\$\$\$ 10

В каких единицах выражается активность нуклида в радиоактивном источнике?

- А) С⁰;
- Б) С⁺¹;
- В) С;
- Г) С⁻¹, Бк.

\$\$\$ 11

Можно ли использовать рад для обозначения дозы излучения?

- А) нет;
- Б) можно;
- В) не используют;
- Г) не совсем.

\$\$\$ 12

В каких допустимых единицах выражается эквивалентная доза излучения?

- А) БЭР/с⁻¹;
- Б) БЭР/м²;
- В) БЭР/с;
- Г) БЭР.

\$\$\$ 13

В каких допустимых единицах измеряется активность нуклида в радиоактивном источнике?

- А) Ки;
- Б) Р;
- В) Р/с;
- Г) бэр.

\$\$\$ 14

Атмосфера состоит из следующих основных элементов:

- А) Fe, N;
- Б) Cu, O;
- В) N, O, Ar, H₂;
- Г) P, Ar.

\$\$\$ 15

В организме животного содержится:

- А) 62% O, 21% C, 9% H;

- Б) 9% O, 21% C, 62% H;
- В) 21% O, 9% C, 62% H;
- Г) 21% O, 62% C, 9% H.

\$\$\$ 16

Кислорода и кремния содержится , соответственно в земной коре, %:

- А) 26; 49;
- Б) 13; 49;
- В) 49; 26;
- Г) 49; 13.

\$\$\$ 17

В каких нормативных документах описаны нормы радиоактивной безопасности?

- А) НРБ;
- Б) ПРБ;
- В) СРБ;
- Г) КРБ.

\$\$\$ 18

Сколько млн. тонн радиоактивных отходов накоплено на территории Казахстана?

- А) 50;
- Б) 100;
- В) 170;
- Г) 200.

\$\$\$ 19

Какие изотопы радона вы знаете?

- А) ^{222}Rn ;
- Б) ^{228}Rn ;
- В) ^{230}Rn ;
- Г) ^{222}Rn .

\$\$\$ 20

Какие основные биологически опасные радионуклиды Вы знаете?

- А) Sr - 90;
- Б) Pu;
- В) Cs;
- Г) Sr – 90, Pu, Cs - 137.

\$\$\$ 21

Сколько млн. кюри накопилось долгоживущих радионуклидов в горных массивах Дегелена и Мыржин?

- А) 1;
- Б) 10;
- В) 20;
- Г) 30.

\$\$\$ 22

Сколько радиоактивных источников обнаружено в поселке Чаган?

- А) 100;
- Б) 200;
- В) 250;
- Г) 530.

\$\$\$ 23

В какой зоне происходит очень сильное загрязнение территории при воздушных взрывах?

- А) в ближней;
- Б) в средней;
- В) в дальней;
- Г) в очень дальней.

\$\$\$ 24

Где имеются месторождения урана, на которых пробурены лишь разведочные шахты?

- А) п. Аксуек;
- Б) п. Жусандалинское;
- В) п. Бурыбатал;
- Г) г. Караганда.

\$\$\$ 25

Какова СЗЗ поселка Аксуек?

- А) 500 м;
- Б) 1000 м;
- В) 1500 м;
- Г) 2000 м.

\$\$\$ 26

Во сколько лет допускаются к работе с источниками ионизирующих излучений?

- А) 18;
- Б) 20;
- В) 22;
- Г) 25.

\$\$\$ 27

Какой метод дозиметрии в СНГ является эталонным метрологическим методом?

- А) фруктозный;
- Б) глюкозный;
- В) ионизационный;
- Г) ионизационный, глюкозный.

\$\$\$ 28

Закон радиоактивного распада запишется:

- А) $A = N$;
- Б) $A = \lambda \cdot N$;
- В) $A = \lambda$;
- Г) $A = P$.

\$\$\$ 29

Сколько атомных провинций в Казахстане?

- А) 3;
- Б) 6;
- В) 9;
- Г) 12.

\$\$\$ 30

Куда движется R_n из отвалов?

- А) в сторону понижения участков рельефа;
- Б) на север;
- В) на юг;
- Г) никуда.

Коды ответов

Номер вопроса	Правильный ответ	Номер вопроса	Правильный ответ
1	А	16	В
2	Г	17	А
3	В	18	В
4	Г	19	Г
5	Б	20	Г
6	В	21	Б
7	Г	22	Г
8	Б	23	В
9	В	24	Б
10	Г	25	В
11	Б	26	А
12	Г	27	Г
13	А	28	Б
14	В	29	Б
15	А	30	А

7 Перечень экзаменационных вопросов

- 1 Основные выбросы веществ в атмосферу Земли.
- 2 Масса загрязняющих отходов. Привести примеры.
- 3 Химический состав земной коры.
- 4 Индекс обеспеченности полезными ископаемыми.
- 5 Загрязнение атмосферы в Республике Казахстан.
- 6 Основные положения, отражающие взаимосвязь производственной деятельности человека и окружающей среды.
- 7 Что означает атомный номер элемента?
- 8 Размер атомов, ядер.
- 9 Масса протона, нейтрона, электрона.
- 10 Закон радиоактивного распада.
- 11 Единицы радиоактивности: Бк, кюри.
- 12 Электроно-вольт.
- 13 Какая температура соответствует энергии частиц в 1эВ.
- 14 Классифицируйте ИИИ.
- 15 Что такое ионизирующее излучение? Как оно действует на организм человека?
- 16 От чего зависит степень ослабления ИИ в веществах? Пояснение на примерах.
- 17 Дайте определение “сечение взаимодействия”.
- 18 Единица измерения сечения взаимодействия.
- 19 Охарактеризуйте α -излучение.
- 20 Взаимодействие β -частиц с веществом.
- 21 Взаимодействие γ -излучения с веществом.
- 22 Взаимодействие нейтронов с веществом.
- 23 Эффективная и ожидаемая дозы.
- 24 “Взвешивающий коэффициент органа”.
- 25 Что такое радионуклиды?
- 26 3 компонента, создающие γ -поле почвы.
- 27 Дозовые нагрузки жителей Алматы.
- 28 Применение радионуклидов и измерений.
- 29 Сопутствующие излучения.
- 30 Методы дозиметрии.
- 31 Правила эксплуатации РИПов.
- 32 Правила перевозки радиоактивных материалов.
- 33 Нормы радиоактивной безопасности (НРБ-99).
- 34 Как достигается защита при перевозке радиоактивных материалов?
- 35 Организация работ по эксплуатации РИП.
- 36 Атомная энергетика.
- 37 Основные типы атомных реакторов.
- 38 Биоэнергоинформация.
- 39 Экология производства урана подземным способом.

- 40 Радиоактивные отходы и их влияние на окружающую среду.
- 41 Радиоактивное загрязнение территории и состояние здоровья населения Семипалатинского региона.
- 42 Ретроспективная оценка радиационно-гигиенической обстановки в Семипалатинской области.
- 43 Экологическое право в РК.
- 44 Закон об экологической безопасности в РК.
- 45 Концепция экологической безопасности на 2004-2015гг. Указ Президента РК от 3 декабря 2003г., №1241.
- 46 Три основных фактора, влияющих на содержание экологического права.
- 47 Экологическая обстановка в РК.
- 48 Основные виды радиоактивных загрязнений в РК.
- 49 Модели переноса радионуклидов в окружающую среду.
- 50 Продукты, способствующие выведению из организма радионуклидов.
- 51 Чернобыльская авария.
- 52 Россия – “кладбище” радиоактивных отходов.
- 53 170 млн. м³ отходов Казахстана на площади 10 000 га.

Список литературы

1. Мазалов И.Ф. Экология радиоактивных производств. – Алматы: 2008. – 268 с.
2. Мазалов И.Ф. Дисперсные системы. – Алматы, 2011. – 230 с.
3. Никифоров А. Метрология, стандартизация и сертификация. - М., 2010. -215 с.
4. Аскарлов Е.С. Стандартизация, метрология и сертификация: Учебное пособие.-Алматы, 2005.- 278 с.
5. Анализ оценки рисков производственной деятельности. Учебное пособие/П.П.Кукин, В.Н.Шлыков, Н.Л. Пономарев, Н.И.Сердюк. – М.: Высшая школа. 2007. – 328 с.
6. Глебова Е.В. Производственная санитария и гигиена труда. – М.: «Высшая школа», 2007. – 254 с

Содержание

Введение	3
Задачи для выполнения расчетных и графических работ	4
Общие понятия радиоактивности	9
Атомное ядро. Изотопы. Радиоактивность	13
Уравнения ядерных реакций	13
Воздействие ядерного оружия	16
Тестовые задания	33
Перечень экзаменационных вопросов	38

Иван Федорович Мазалов

ОСНОВЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ
для студентов специальности
5В073100–Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды

Редактор Н.М.Голева
Специалист по стандартизации Н.К.Молдабекова

Подписано в печать _____
Тираж 100 экз.
Объем 2,8 уч.-изд. л.

Формат 60x84 ¹/₁₆
Бумага типографская №1
Заказ ____ Цена 1400 т.

Копировально-множительное бюро
Некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126