МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности»

ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА ПРИ АВАРИИ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Методические указания к выполнению
практической работы для студентов направлений
010100.62, 011200.62, 020201.65, 022000.62, 020400.62, 021000.62, 030300.62, 030600.62, 030900.62, 031300.62, 032700.62, 033000.62, 034300.62, 040100.62, 040400.62, 040700.62, 050100.62, 050400.62, 050700.62, 051000.62, 072500.62, 080100.62, 080200.62, 280700.62

Курган 2013

Кафедра: «Экология и безопасность жизнедеятельности»

Дисциплины: «Безопасность жизнедеятельности», «Безопасность в ЧС», «Управление БЖД» (направления: 010100.62, 011200.62, 020201.65, 022000.62, 020400.62, 021000.62, 030300.62, 030600.62, 030900.62, 031300.62, 032700.62, 033000.62, 034300.62, 040100.62, 040400.62, 040700.62, 050100.62, 050400.62, 050700.62, 051000.62, 072500.62, 080100.62, 080200.62, 280700.62).

Составили: канд. техн. наук, доц. Н.К. Смирнова;
канд. биол. наук, доц. В.А. Кривобокова;
канд. с.-х. наук, доц. М.Н. Коновалов

Работа выполнена при равноценном участии авторов.

Утверждены на заседании кафедры «*20*» *декабря* 2012 г.

Рекомендованы методическим советом университета «*24*» *декабря* 2012 г.

Введение

В настоящее время практически любая отрасль хозяйства и науки использует радиоактивные вещества и источники ионизирующих излучений. Высокими темпами развивается ядерная энергетика. Ядерные материалы приходится возить, хранить, перерабатывать. Это создает дополнительный риск радиоактивного загрязнения окружающей среды, поражения людей, животных и растительного мира.

Изучением влияния ионизирующих излучений на организм человека, разработкой нормативов и санитарных мер по обеспечению радиационной безопасности лиц, работающих с источниками ионизирующей радиации и радиоактивными веществами, занимается раздел гигиены – ***гигиена радиации.***

Состояние защищенности настоящего и будущего поколений от вредного для их здоровья воздействия ионизирующего излучения называется ***радиационной безопасностью***. Радиационная безопасность обеспечивается системой законодательных мер, направленных на ограничение всевозможного облучения населения. Например, ограничение количества рентгенологических процедур без ущерба для их диагностической ценности, так как принятое использование рентгенологических методов обследования в здравоохранении приводит почти к полному охвату всего населения страны радиационным воздействием.

В настоящее время дозовая нагрузка на население России за счет медицинских рентгенологических обследований составляет 2,5-3 мЗв/год, что в два-три раза превышает уровень облучения населения в таких странах, как Англия, Франция, Швеция, США, Япония [5]. Такое существенное различие в дозовых нагрузках объясняется рядом причин: значительным числом повторных и неоправданных рентгенологических исследований, отсутствием согласованности между различными лечебными учреждениями и другое.

Цель практической работы: изучить сведения о радиоактивных веществах, их влиянии на организм человека и способах защиты от них.

Задачи:

1 Научиться оценивать радиационную обстановку на территории населенного пункта в случае аварии на расположенных вблизи радиационно-опасных объектах.

2 Изучить способы защиты человека и правила поведения при угрозе радиационного заражения.

Методические указания направлены на освоение следующей компетенции: владение основными методами защиты персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

В результате выполнения данной работы студент должен уметь участвовать в подготовке планов предупредительных мероприятий по обеспечению безопасности на уровне организации и разрабатывать меры по ликвидации последствий аварий и катастроф на радиационно-опасном объекте.

1 Понятие о радиации

В 1898 году Мария и Пьер Кюри установили, что после излучений уран самопроизвольно последовательно превращается в другие элементы. Этот процесс превращения одних элементов в другие, сопровождающийся ионизирующим излучением, Мария Кюри назвала радиоактивностью. Так была открыта естественная радиоактивность, которой обладают элементы с нестабильными ядрами. В 1934 году Ирен и Фредерик Жюлио Кюри получили изотопы с искусственной радиоактивностью.

Таким образом, различают природные и технические источники ионизирующего излучения. К природным относятся космические, а также земные источники, создающие природное облучение (естественный фон). К техническим относятся источники, специально созданные для полезного применения излучения или являющиеся побочным продуктом жизнедеятельности.

Ядра атомов одного и того же элемента всегда содержат одинаковое число протонов, но количество нейтронов в них может быть разным. Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протоном, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разновидностям одного и того же химического элемента и называются изотопами (уран-238 ^{238}U, уран-235 ^{238}U). Ядра всех изотопов образуют группу «нуклидов». Некоторые нуклиды стабильны, т.е. при отсутствии внешнего воздействия не претерпевают никаких превращений. Большинство нуклидов нестабильны, они все время превращаются в другие нуклиды.

Процесс самопроизвольного распада нуклида называется радиоактивным распадом, а сам такой нуклид – радионуклидом. Уровень нестабильности радионуклидов неодинаков: одни распадаются очень быстро, другие – очень медленно. Время, в течение которого распадается половина всех радионуклидов данного типа, называется периодом полураспада (для урана-238 он составляет 4,47 млн. лет, для йода-131 – 8,44 суток).

Открытие ионизирующего излучения связано с именем французского ученого Анри Беккереля. В 1896 году он обнаружил следы каких-то излучений, оставленных минералом, содержащим уран, на фотографических пластинках. В 1898 году Мария и Пьер Кюри установили, что после излучений уран самопроизвольно последовательно превращается в другие элементы. Этот процесс превращения одних элементов в другие, сопровождающийся ионизирующим излучением, Мария Кюри назвала ***радиоактивностью***.

Ионизирующее излучение (радиация) – различные виды микрочастиц и физических полей, способные ионизировать вещество. В более узком смысле к ионизирующему излучению не относят ультрафиолетовое излучение и излучение видимого диапазона света, которое в отдельных случаях также может быть ионизирующим. Излучение микроволнового и радиодиапазонов не является ионизирующим. Вызывать радиацию с помощью химических реакций нельзя, это полностью физический процесс.

Различают несколько видов ионизирующих излучений (рисунок 1):

- **альфа-частицы** – это относительно тяжелые частицы, заряженные положительно, представляют собой ядра гелия;

- **бета-частицы** – обычные электроны;
- **гамма-излучение** – имеет ту же природу, что и видимый свет, однако гораздо большую проникающую способность;
- **рентгеновские лучи** – похожи на гамма-излучение, но имеют меньшую энергию. Солнце – один из естественных источников таких лучей, но защиту от солнечной радиации обеспечивает атмосфера Земли;
- **нейтроны** – это электрически нейтральные частицы, движущиеся с большой скоростью. Этот вид излучения не имеет специального названия и возникает при протекании ядерных реакций.

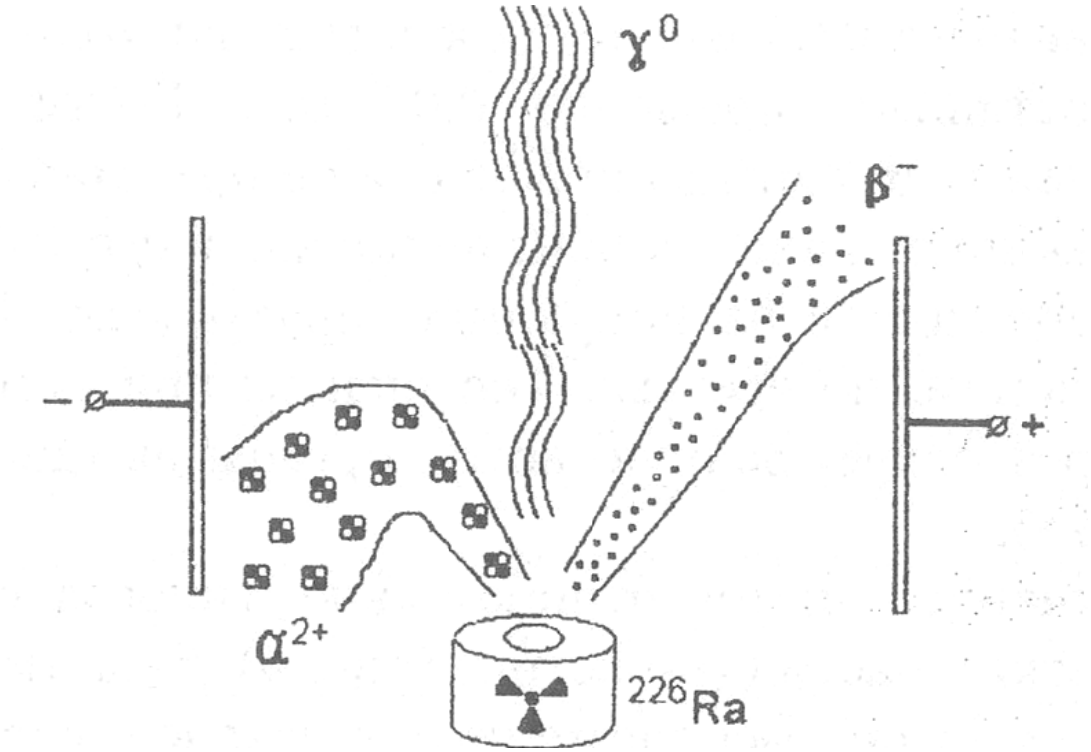


Рисунок 1 – Ионизирующие излучения, выделяющиеся при распаде радионуклидов [2]

Физики используют нейтроны для бомбардировки атомного ядра с целью стимуляции цепной реакции. Поток нейтронов имеет большую проникающую способность. Защитить от него может слой воды или бетонная стена толщиной около одного метра.

На нашу планету постоянно приходит космическое излучение, состоящее из гамма-частиц, протонов, нейтронов, электронов, нейтрино и других элементарных частиц.

Измеряют радиацию **дозиметром** — устройство для измерения дозы или мощности дозы ионизирующего излучения, полученной прибором (и тем, кто им пользуется) за некоторый промежуток времени, например, за период нахождения на некоторой территории или за рабочую смену.

2 Характеристика радиационных аварий

Радиоционно-опасный объект – научный, народнохозяйственный (промышленный) или оборонительный объект, при авариях или разрушениях которого могут произойти массовые радиационные поражения людей, животных и растений и радиоактивное загрязнение среды.

Радиационно-опасными объектами экономики являются [1]:

- объекты с ядерными реакторами;
- объекты ядерно-топливного цикла (без ядерных реакторов);
- отдельные хранилища делящихся материалов и устройств с делящимися материалами;
- отдельные хранилища и могильники радиоактивных отходов с высокой, средней и низкой удельной активностью;
- территории и водоемы, загрязненные радионуклидами, вследствие имеющих место радиационных ЧС (вторичные радиационно-опасные объекты).

Главными источниками радиоактивного загрязнения являются аварии на предприятиях ядерного цикла (АЭС, обогатительные фабрики, радиохимические заводы), а также корабли с ядерными энергетическими установками. Источники радиоактивного заражения могут быть связаны с добычей урана, его обогащением, переработкой, транспортировкой, хранением и захоронением. Опасными являются также некоторые отрасли науки и производства, использующие изотопы, изотопная диагностика, рентгеновское обследование больных, иногда – некоторые строительные материалы.

В настоящее время среди объектов с ядерными реакторами широкое распространение получили атомные электрические станции (АЭС). Во многих странах Европы и Азии АЭС составляют основу их электроэнергетики.

Основная часть действующих в России атомных электростанций имеет водо-водяные энергетические реакторы типа ВВЭР-440, ВВЭР-1000 и уран-графитовые реакторы канального типа РБМК-1000. Выработка атомной энергии в ядерных энергетических реакторах сопровождается накоплением радиоактивных веществ (РВ), при этом свыше 99,9% общей активности РВ сосредоточено в ядерном топливе работающего реактора.

При нормальной эксплуатации АЭС накопленные в реакторе радиоактивные вещества практически не могут попасть в окружающую среду в количествах, превышающих предельно допустимые. Однако, как показывает практика эксплуатации АЭС в нашей стране и за рубежом, существует потенциальная опасность возникновения ЧС в результате разрушения реактора и радиационного поражения (лучевая болезнь) производственного персонала и другого населения.

На рисунке 2 приведена схема воздействия радиоактивных веществ (РВ) на человека и другие элементы биосферы при производственных авариях (ПА) на АЭС.

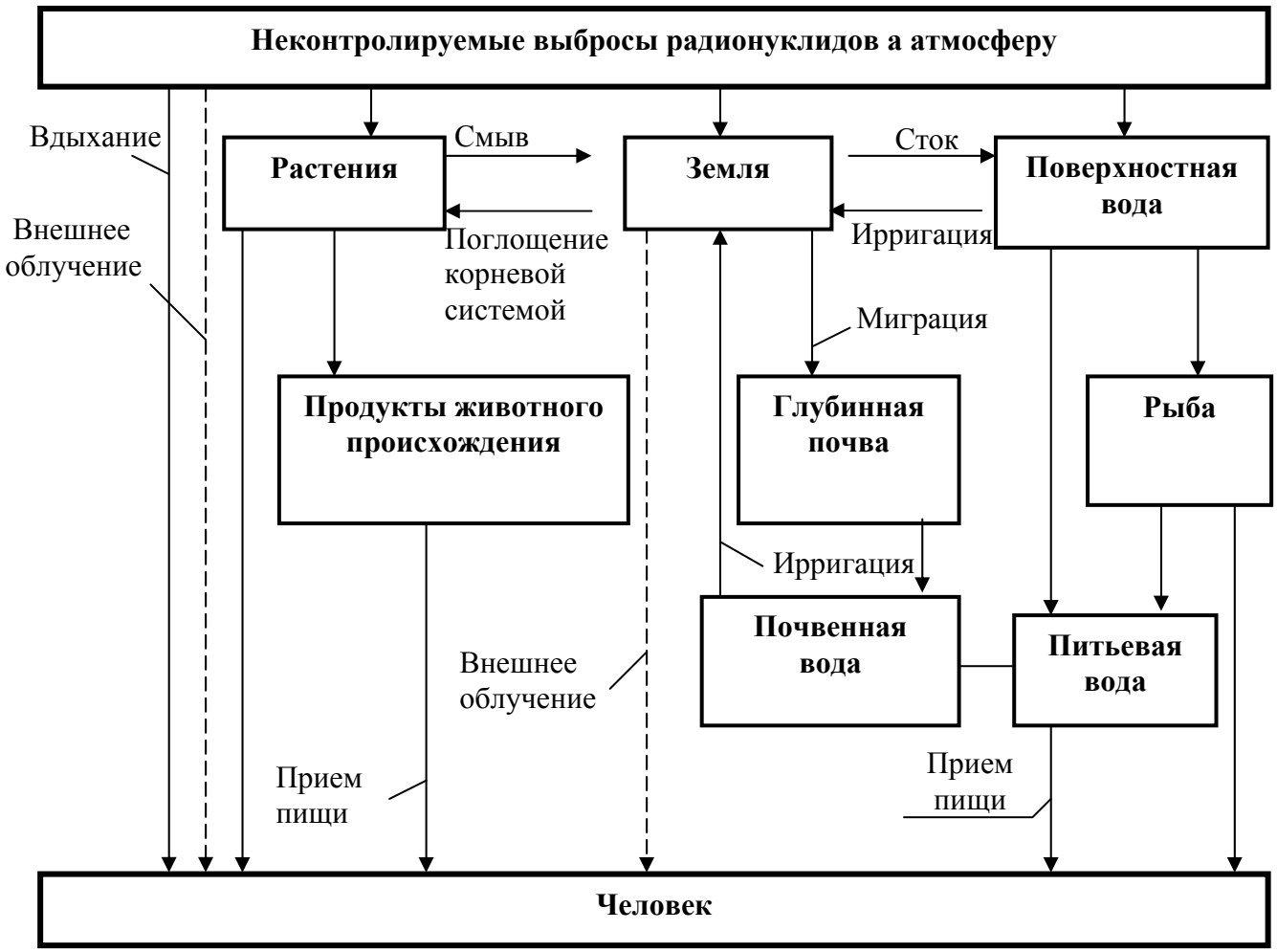


Рисунок 2 – Основные пути поступления радионуклидов в организм человека при авариях на АЭС с выбросом в атмосферу РВ

Аварии на АЭС и других РО объектах экономики (ОЭ) классифицируются по двум признакам:

- по типовым нарушениям норм и правил эксплуатации;
- по характеру последствий для персонала, населения и окружающей среды.

Производственные аварии (ПА), связанные с нарушением норм и правил эксплуатации, подразделяются на следующие:

- *проектные*, связанные с нарушением 1-го барьера безопасности, предусмотренного проектом ядерного реактора (нарушение герметичности оболочек тепловыделяющих элементов реактора – ТВЭЛов и др.);
- *проектные с наибольшими последствиями*, связанные с нарушением 1-го и 2-го барьеров безопасности (нарушение герметичности оболочек ТВЭЛов и корпуса ядерного реактора);
- *запроектные*, связанные с нарушением всех барьеров безопасности (нарушение герметичности оболочек, ТВЭЛов, корпуса ядерного реактора и его защитной оболочки).

ПА на АЭС могут классифицироваться и по другим критериям.

В 1990 году международной группой экспертов, учрежденной МАГАТЭ и Агентством по ядерной энергии ОЭСР (ОЭСР/АЯЭ), была разработана Международная шкала ядерных и радиологических событий (ИНЕС). Шкала ИНЕС является всемирным инструментом, предназначенным для информирования населения с использованием последовательно употребляемых терминов о значимости ядерных и радиологических событий для безопасности (таблица 1) [7].

Таблица 1 – Международная шкала ядерных и радиологических событий

Уровень	Дескриптор	Критерии	Примеры
7	**Крупная авария**	• внешний выброс значительной части материала активной зоны реактора, обычно состоящий из смеси коротко- и долгоживущих радиоактивных продуктов деления (в количествах, радиологически эквивалентных десяткам тысяч терабеккерелей йода-131). Возможность острых воздействий на здоровье. Отдаленные эффекты на здоровье людей в обширном районе и распространяющиеся более, чем на одну страну	Чернобыльская АЭС, СССР, 1986 год; АЭС «Фукусима I», Япония, 2011 год
6	**Серьезная авария**	• внешний выброс продуктов деления (в количествах, радиологически эквивалентных тысячам (десяткам тысяч) терабеккерелей йода-131)	ПО «Маяк», СССР, 1957 год
5	**Авария с широкими последствиями**	• внешний выброс продуктов деления (в количествах, радиологически эквивалентных сотням тысяч терабеккерелей йода-131) • серьезное повреждение активной зоны реактора в результате механических воздействий и (или) расплавления	Виндскейл-Пайл, Соединенное Королевство, 1957 год; АЭС «Три-Майл-Айленд», США, 1979 год
4	**Авария с локальными последствиями**	• внешний выброс РВ, ведущий к дозе облучения наиболее незащищенных отдельных лиц за пределами площадки (порядка нескольких миллизивертов) • некоторое повреждение активной зоны ректора в результате механических воздействий и (или) расплавления	АЭС «Сен-Лоран-дез-О», Франция, 1980 год
3	**Серьезный инцидент**	• внешний выброс РВ, ведущий к дозе облучения наиболее незащищенных отдельных лиц за пределами площадки (порядка десятых долей миллизиверта)	АЭС «Вандельос», Испания, 1989 год
2	**Инцидент**	• технические инциденты или аномалии, которые, хотя и не оказывают прямого или непосредственного воздействия на безопасность станции, ведут к необходимости ужесточения мер безопасности	Страны Европы, Америки и др.
1	**Аномалия**	• функциональные или эксплуатационные аномалии, которые не ведут к риску, но указывают на недостаточное соблюдение мер безопасности	–

Для выработки практических мер по восстановлению контроля над аварийными источниками ионизирующего излучения и сведения к минимуму доз облучения, количества облученных лиц из населения и радиоактивного загрязнения окружающей среды, все радиационные аварии анализируются по фазам развития. Принято считать, что в своем развитии любая радиационная авария проходит три фазы: раннюю, среднюю (промежуточную) и позднюю, характеристики которых приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Фазы радиационной аварии и их характеристики

Фаза	Характеристика фазы	Продолжительность	Пути воздействия
Ранняя	Завершение формирования первичного следа радиоактивного облака. Наибольшая интенсивность радиационного воздействия на население и окружающую среду.	До 10 суток	Внешнее гамма- и бета-облучение от радиоактивного облака и радиоактивное загрязнение местности. Внешнее облучение за счет ингаляционного поступления радиоактивных веществ
Средняя (промежуточная)	Характеризуется наличием строгих ограничений жизнедеятельности населения в зоне РЗМ и системой контроля радиационной обстановки до принятия мер по защите населения	До одного года	Внешнее гамма-облучение от радиоактивно зараженной местности. Внутреннее – за счет ингаляционного воздействия и перорального поступления радионуклидов с вдыхаемым воздухом и пищей
Поздняя	Характеризуется восстановлением обычной системы жизнедеятельности и контроля радиационной обстановки	До снятия всех ограничений	Те же, что и от средней стадии

Радиоактивное заражение (радиационное заражение) – загрязнение местности и находящихся на ней объектов радиоактивными веществами.

Зона радиационной аварии – территория, на которой установлен факт радиационной аварии.

Основные поражающие факторы радиационных аварий:

- воздействие внешнего облучения (гамма- и рентгеновского; бета- и гамма-излучения; гамма-нейтронного излучения и др.);
- внутреннее облучение от попавших в организм человека радионуклидов (альфа- и бета-излучение);
- сочетанное радиационное воздействие как за счет внешних источников излучения, так и за счет внутреннего облучения;
- комбинированное воздействие как радиационных, так и нерадиационных факторов (механическая травма, химический ожог, интоксикация и др.).

После аварии на радиоактивном следе основным источником радиационной опасности является внешнее облучение. Ингаляционное поступление ра-

дионуклидов в организм практически исключено при правильном и своевременном применении защиты органов дыхания.

Внутреннее облучение развивается в результате поступления радионуклидов в организм с продуктами питания и с водой. В первые дни после аварии наиболее опасны радиоактивные изотопы йода, которые накапливаются щитовидной железой. Наибольшая концентрация изотопов йода обнаруживается в молоке, что особенно опасно для детей.

Через 2-3 месяца после аварии основным агентом внутреннего облучения становится радиоактивный цезий, проникновение которого в организм возможно с продуктами питания. В организм человека могут попасть и другие радиоактивные вещества (стронций, плутоний), загрязнение окружающей среды которыми имеет ограниченные масштабы.

3 Дозиметрические величины и единицы измерения

Мерой количества радиоактивного вещества является ***активность***, которая определяется числом распадающихся атомов в единицу времени, т.е. скоростью распада ядер радионуклида. Единицей измерения активности является одно ядерное превращение в секунду. В системе СИ она получила название беккерель (Бк). Внесистемная единица – кюри (Ки).

Различают *удельную* активность (концентрация активности в объеме вещества) – Бк/кг (Ки/кг); *объемную* активность (концентрация активности в массе вещества) – Бк/м^3 (Ки/м^3); *плотность загрязнения* (концентрация активности на поверхности территории) – Бк/м^2 (Ки/м^2).

Основными параметрами, регламентирующими ионизирующее излучение, являются экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы.

Для оценки радиационной обстановки на местности, в рабочем или жилом помещении используют ***экспозиционную дозу***, т.е. дозу излучения в воздухе. Она характеризует потенциальную опасность воздействия излучения при общем и равномерном облучении тела человека.

В системе СИ единица измерения экспозиционной дозы – кулон на килограмм (Кл/кг). Однако на практике чаще всего используют внесистемную единицу – Рентген (Р). При дозе 1 Р в 1 см^3 воздуха образуется $2{,}08 \cdot 10^9$ пар ионов.

$$1\ Р = 2{,}58 * 10^{-4}\ Кл/кг$$

$$1\ Кл/кг = 3876\ Р$$

Человеческий организм поглощает энергию ионизирующих изменений, причем от количества поглощенной энергии зависит степень лучевых поражений. Для характеристики поглощенной энергии ионизирующего излучения единицей массы вещества используется понятие ***поглощенной дозы.***

Поглощенная доза **–** количество энергии, поглощенной облучаемым веществом и рассчитанной на единицу массы этого вещества. Единица поглощенной дозы в Международной системе единиц (СИ) – Грей (Гр), названа в честь физика Грея.

$$1\ Гр = 1\ Дж/кг$$

Для оценки поглощенной дозы используется так же внесистемная единица – рад.

1 рад = 0,01 Дж/кг

1 Гр = 100 рад

Однако биологическое действие зависит не только от поглощенной дозы, но и от того, на какую глубину это излучение может проникать в биологические ткани. Поэтому для оценки биологического действия ионизирующего излучения используется ***эквивалентная доза***.

Эквивалентная (биологически значимая) *доза* – основная дозиметрическая величина для оценки ущерба здоровью человека от воздействия ионизирующего излучения. Единица измерения эквивалентной дозы в системе СИ – зиверт, внесистемная единица бэр – биологический эквивалент рентгена.

За 1 бэр принимается такая поглощенная доза любого вида ионизирующего излучения, которая при хроническом облучении вызывает такой же биологический эффект, что и 1 рад рентгеновского или гамма-излучения.

1 Зв = 100 бэр

Доза, отнесенная к единице времени, называется мощностью дозы (уровнем радиации). Так, если мы говорим, что мощность экспозиционной дозы – излучения составляет 1 Р/ч, то это значит, что за 1 час облучения человек получит дозу, равную 1 Р.

4 Биологическое действие ионизирующих излучений

Организм человека постоянно подвергается воздействию космических лучей и природных радиоактивных элементов, присутствующих в воздухе, почве, в тканях самого человека. В настоящее время известно, что в среднем доза облучения от всех естественных источников ионизирующего излучения составляет в год около 200 мР (200 мбэр), хотя это значение может колебаться в разных регионах земного шара от 50 до 1000 мР (мбэр) и более (таблица 3).

Таблица 3 – Природные источники ионизирующего излучения

Источники	Средняя годовая доза	
	бэр	Зв
Космос	30	0,30
Земля (грунт, вода, строительные материалы)	50-130	0,5-1,3
Радиоактивные элементы, содержащиеся в тканях человека (калий, цезий и др.)	30	0,30
Другие источники	2	0,02
Средняя суммарная годовая доза	200	2,0

Наши дома построены из камня, кирпича, бетона или дерева, в которых содержатся различные по виду и количеству природные радиоактивные элементы. Плохая вентиляция, особенно в домах с плотно закрывающимися окнами, может увеличить дозу облучения, обусловленную вдыханием радиоактивного газа радона, который образуется при естественном распаде радия, содержащегося во многих горных породах и строительных материалах, а также в почве. Доза, получаемая человеком в результате воздействия космического из-

лучения, зависит также от высоты над уровнем моря: чем выше над уровнем моря, тем больше годовая доза.

Люди, постоянно пользующиеся самолетом, дополнительно подвергаются незначительному облучению. Человек подвергается облучению при использовании ионизирующего излучения в целях диагностики и лечения. Источники излучения, созданные руками человека, влияющие на его здоровье, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Искусственные источники излучения

Источник	Годовая доза		Доля от природного фона, %
	мбэр	мЗв	
Медицинские приборы (флюорография 370 мбэр, рентгенография зуба 3 бэра, рентгеноскопия легких 2-8 бэр)	100-150	1,0-1,5	50-75
Полеты в самолете (расстояние 2000 км, высота – 12 км) – 5 раз в год	2,5-5,0	0,02-0,05	1,0-2,5
Телевизор (просмотр программы по 4 часа в день)	1,0	0,01	0,05
АЭС	0,1	0,001	0,05
ТЭЦ (на угле), расстояние 20 км	0,6-6,0	0,006-0,06	0,3-3,0
Глобальные осадки от испытаний ядерного оружия	2,5	0,02	1,0

Таким образом, каждый житель Земли на протяжении всей своей жизни ежегодно облучается дозой в среднем 250-400 мбэр. Это обычное состояние среды обитания человека.

Совершенно иная ситуация возникает при ядерных взрывах и при авариях на атомных реакторах и объектах. При ядерном взрыве уровень радиации резко возрастает. Источниками радиоактивного излучения становятся «осколки» деления ядерного горючего, представляющие собой смесь более 200 изотопов 34 химических элементов, а также радиоактивные вещества не разделившейся части ядерного заряда (уран, плутоний), корпуса и механизма боеприпаса с наведенной радиоактивностью. Другим источником радиации является образование радиоактивных изотопов кремния, кальция, натрия, калия и других химических элементов, находящихся в почве. Наибольшее влияние на биосферу, жизнь, развитие, наследственность могут оказывать ^{131}I, ^{90}Sr, ^{137}Cs, ^{239}Pu.

Как видно из таблицы 4, в современных условиях человек сталкивается с превышением среднего уровня радиации, поэтому для лиц, работающих в сфере действия ионизирующего излучения, нормативными документами установлены значения предельно допустимой дозы (**ПДД**) на все тело, которая при длительном воздействии не вызывает у человека нарушения общего состояния, а также функций кроветворения. Например, для АЭС пределы облучения персонала и населения составляют соответственно 5 и 0,5 бэр за год. Эти уровни доз являются потенциально неопасными.

Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) рекомендует считать:

- ПДД разового аварийного облучения – 25 бэр;
- ПДД профессионального хронического облучения – до 5 бэр в год;
- ПДД для ограниченных групп населения – 0,5 бэр в год.

Генетически значимые дозы для населения находятся в пределах 7-55 мбэр/год.

Доза, получаемая за счет существующего фона излучения и от других источников излучения за 40 лет жизни, составляет около 13-15 бэр. Неблагоприятного действия от этого уровня излучения на здоровье детей и взрослых не установлено.

Доза облучения может быть однократной и многократной. Однократным называется облучение, полученное за первые четверо суток. Если продолжительность облучения превышает этот срок, то оно считается многократным.

Под воздействием ионизирующих излучений на организм человека в тканях могут происходить сложные физические и биологические процессы. В результате ионизации живой ткани происходит разрыв молекулярных связей и изменение химической структуры различных соединений, что, в свою очередь, приводит к гибели клеток. Ионизирующее излучение может вызвать изменение состава крови и функциональные нарушения сердечно-сосудистой и ЦНС, которые выражаются в раздражительности, сонливости или бессоннице, головных болях, потливости, ослаблении памяти, общей слабости. При больших дозах возможна лучевая болезнь, помутнение хрусталика глаз, выпадение волос.

Различают два эффекта воздействия ионизирующих излучений на состояние здоровья человека – соматический (проявляются непосредственно у облученного лица) и генетический (нарушение структурных элементов, ответственных за наследственность, они могут быть опасными для последующих поколений).

Некоторые вещества поглощаются и накапливаются в конкретных органах, что приводит к локальным дозам радиации.

В скелете человека происходит накопление кальция, стронция, радия, плутония. Изотопы цезия и рубидия вызывают изменения в крови, опухоли мягких тканей. Цезий, кобальт, нептуний и плутоний концентрируются в печени; тритий, углерод, инертные газы, цезий и другие равномерно распространяется по органам и системам. Около 30% радиоактивного йода избирательно накапливается в щитовидной железе (причем удельная активность ткани щитовидной железы может превысить активность других органов в 100-200 раз). На рисунке 3 показаны места накопления радионуклидов в организме человека.

Воздействие на человека ионизирующего излучения в дозах, превышающих допустимые, вызывает лучевую болезнь.

Различают две формы лучевой болезни – острую и хроническую. Острая форма возникает в результате облучения большими дозами в короткий промежуток времени. При дозах порядка тысяч рад поражение организма может быть мгновенным («смерть под лучом»). Острая лучевая болезнь может возникнуть и при попадании внутрь организма больших количеств радионуклидов.

Хронические поражения развиваются в результате систематического облучения дозами, превышающими ПДД.

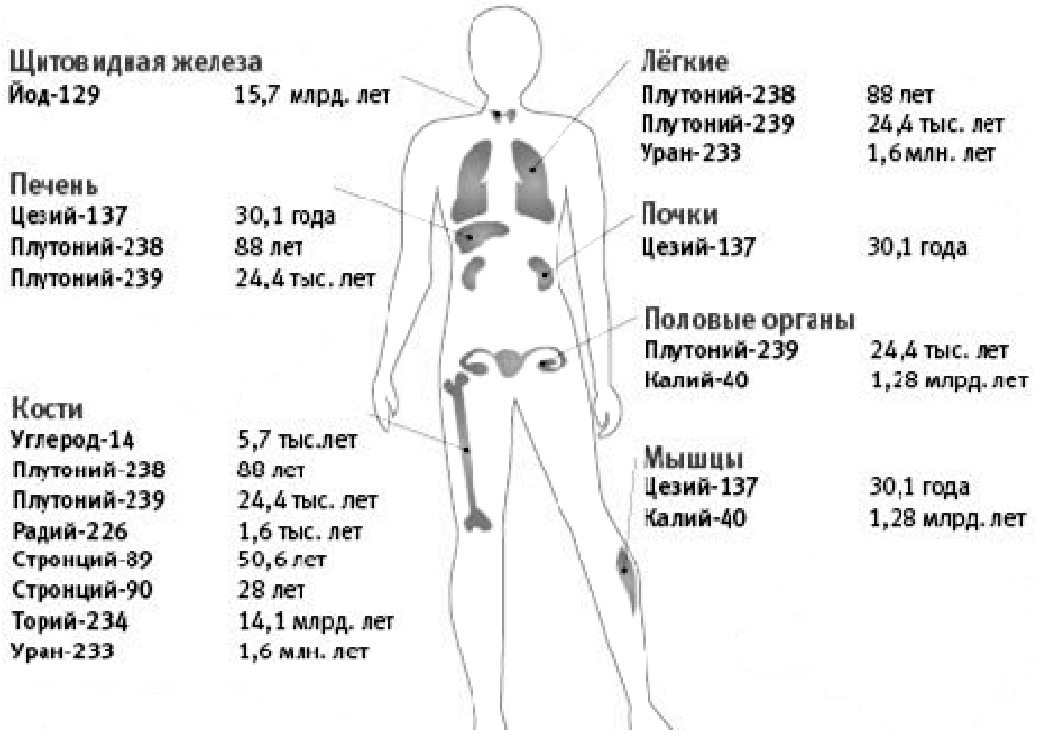


Рисунок 3 – Места накопления радионуклидов в организме человека

Лучевая болезнь первой (легкой) степени возникает при общей экспозиционной дозе излучения 100-200 Р. Скрытый период может продолжаться две-три недели. После этого появляются недомогание, общая слабость, чувство тяжести в голове, стеснение в груди, повышенное потоотделение, может наблюдаться периодическое повышение температуры тела. В крови уменьшается содержание лейкоцитов. Лучевая болезнь первой степени излечима.

Лучевая болезнь второй (средней) степени возникает при общей экспозиционной дозе излучения 200-400 Р. Скрытый период может продолжаться около недели. Проявляется в тяжелом недомогании, расстройстве функций нервной системы, головных болях, головокружениях, вначале бывают рвота, понос, возможно повышение температуры тела, количество лейкоцитов в крови, особенно лимфоцитов, уменьшается более чем наполовину. При активном лечении выздоровление наступает через 1,5-2 месяца. Возможны смертельные исходы – до 20%.

Лучевая болезнь третьей (тяжелой) степени возникает при общей экспозиционной дозе излучения 400-600 Р. Скрытый период – до нескольких часов. Отмечаются тяжелое общее состояние, сильные головные боли, рвота, понос с кровянистым стулом, кровоизлияния в слизистые оболочки и кожу, некроз слизистых оболочек в области десен. Количество лейкоцитов, а затем тромбоцитов и эритроцитов резко уменьшается. Ввиду ослабления защитных сил организма появляются различные инфекционные осложнения. Без лечения исход в 20-70% случаев – летальный, чаще от инфекционных осложнений или кровотечений.

Лучевая болезнь четвертой (крайне тяжелой) степени возникает при общей экспозиционной дозе излучения более 600 Р. Без лечения заканчивается смертью, наступающей в течение двух недель после облучения.

5 Оценка радиационной обстановки на объекте

Под радиационной обстановкой понимают возникающие в результате применения ядерного оружия условия, которые определяются масштабами и степенью радиоактивного загрязнения местности и объектов на ней и могут оказывать влияние на жизнедеятельность населения и работу экономики.

Для определения влияния радиоактивного загрязнения окружающей среды на жизнедеятельность населения и работу объектов экономики выявляют и оценивают радиационную обстановку.

Радиационная обстановка может быть выявлена и оценена:

1) по данным прогноза,
2) по данным разведки и мониторинга.

Оценка радиационной обстановки как по данным прогноза, так и по данным разведки включает решение следующих основных задач:

- определение доз облучения населения, находящегося на загрязненной территории, и возможных потерь;
- определение доз облучения при эвакуации населения при преодолении зон загрязнения на местности;
- определение продолжительности пребывания населения на загрязненных территориях;
- определение времени начала работы на производственном объекте или времени входа в зону радиоактивного загрязнения;
- определение времени начала преодоления зоны загрязнения на местности;
- определение времени пребывания персонала в защитных сооружениях и на загрязненной территории при выполнении спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ и производственной деятельности;
- определение содержания радионуклидов в пищевых продуктах, воздухе и питьевой воде.

Исходными данными для оценки обстановки являются:

- координаты взрыва (эпицентра);
- мощность взрыва;
- вид и время взрыва;
- направление и скорость среднего ветра.

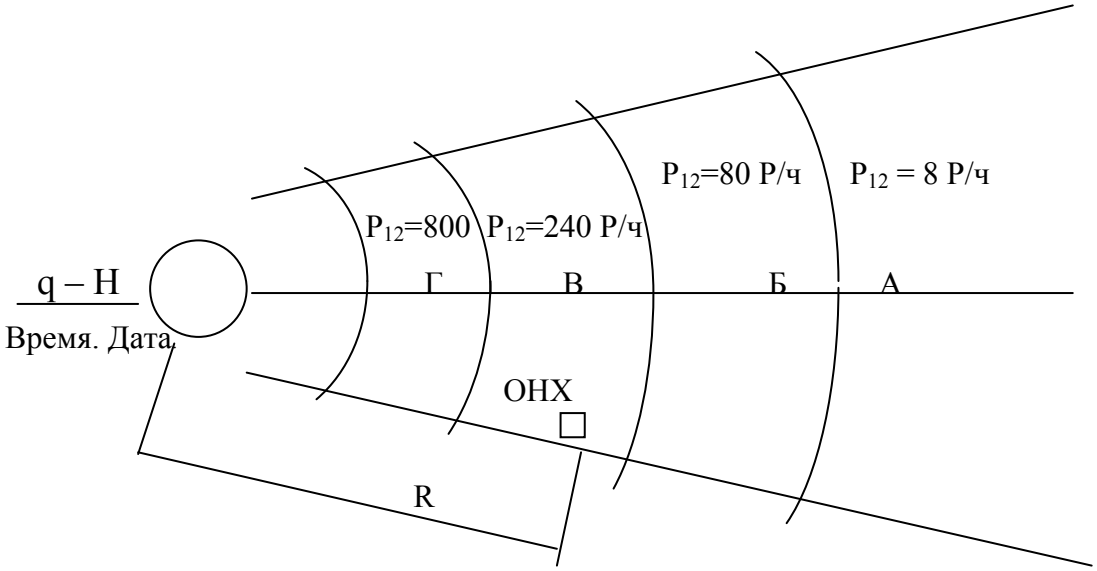
Прогнозирование радиационной обстановки

Исходные данные – время взрыва, мощность боеприпаса, координаты взрыва, скорость и направление среднего (по высоте подъема радиоактивного

облака) ветра – получают от вышестоящих штабов ГО (данные по среднему ветру штабы получают три раза в сутки от метеостанций).

Последовательность оценки:

1) на карту наносится (рисунок 4)
   a) центр взрыва;
   b) направление среднего ветра (ось следа радиоактивного облака);



q – мощность взрыва, кт; H – вид взрыва (H – наземный, B – воздушный);
А, Б, В, Г – зоны радиоактивного загрязнения

Рисунок 4 – Схема зон радиоактивного загрязнения местности

   c) зона заражения вокруг центра (радиусом в зависимости от мощности взрыва) – таблица 5;

Таблица 5 – Радиусы зон возможного заражения в районе взрыва, км

Мощность взрыва, кт	Вид взрыва	
	наземный	подземный
до 0,1	1	1
0,1-1,0	1,5	2
1-10	2	3
10-100	2,5	6
100-1000	3	-
1000-10000	4	-

   d) сектор (касательными к зоне заражения вокруг центра под углом 20° к оси следа);

   e) границы зон заражения А, Б, В, Г – радиусами от центра взрыва (в зависимости от мощности взрыва и скорости среднего ветра) – таблица 6.

Считается, что фактическая зона заражения будет располагаться в пределах полученного сектора с вероятностью 90% и займет 1/3 от площади сектора.

2) для объектов, попадающих в этот сектор, рассчитывают:

a) время прихода радиоактивного облака (время выпадения радиоактивных веществ):

$$t = \frac{R}{V},$$

где R – расстояние от центра взрыва; V – скорость среднего взрыва;

b) уровни радиации после выпадения радиоактивных веществ (зная уровни радиации на внешних границах зон заражения через 1 час после взрыва и взяв поправку на фактическое время выпадения осадков).

Полученные уровни радиации и время взрыва позволяют прогнозировать степень опасности (позволяют рассчитать дозы излучения, допустимое время работы (пребывания), режимы деятельности и т.д.). В дальнейшем эти расчеты уточняются, исходя из фактических данных, то есть оценивается радиационная обстановка по данным разведки.

Таблица 6 – Размеры зон радиоактивного заражения по следу облака (длина-ширина), км

Мощность взрыва, Мт	Скорость среднего ветра, км/ч	Зона заражения			
		А	Б	В	Г
0,1	25	115-12	49-6,1	31-4	18-2,2
	50	150-14	60-6,4	35-3,9	17-2
	75	175-15	64-6,3	35-3,8	17-1,9
0,5	25	231-21	100-10	65-7,4	41-4,3
	50	300-25	125-12	78-7,7	42-4,3
	75	346-27	140-12	83-7,7	39-4
1	25	309-26	136-13	89-9,5	55-5,7
	50	402-31	170-15	109-10	60-5,6
	75	466-34	192-16	118-10	61-5,6
2	50	538-39	231-19	149-13	88-7,3
	75	626-43	262-21	165-13	91-7,5
3	50	650-45	275-23	180-15	105-8,5
	75	750-50	310-24	200-16	107-8,4
5	50	772-52	343-27	225-19	139-11
	75	920-58	393-29	253-20	149-10

Оценка радиационной обстановки по данным разведки

Особенность оценки заключается в том, что уровни радиации меняются во времени по приведенному выше закону $\mathbf{P_t = P_0\ (t_0/t)^{-1,2}}$. К тому же показатель степени к = 1,2 в общем не является постоянной величиной во времени и равен 1,2 в течение 3 месяцев после взрыва; во времени меняется он следующим образом:

0 + 3 месяца	к = 1,2
3 месяца + 2 года	к = 2,28
2 года + 4 года	к = 0,94
4 года + 20 лет	к = 0,35
20 лет + 50 лет	к = 1,0
50 лет + 100 лет	к = 2,0

Таким образом, предлагаемая методика применима для времени до 3 месяцев после взрыва, что вполне достаточно для военного времени. Методика имеет некоторые опорные точки:

- уровень радиации на 1 час после взрыва;
- коэффициент спада активности (уровней радиации) через час после взрыва, равный 1 [$(t_0/t)^{-1,2} = 1$];
- уровень радиации через 1 час после взрыва, равный 100 Р/ч;
- время исчисления от момента взрыва.

Разведка (или пост радиационно-химического наблюдения) дает фактические данные по уровням радиации на определенное астрономическое время.

Определение времени взрыва

Это определение основано на том, что в разное время после взрыва при одинаковом интервале времени двух измерений уровней радиации отношение этих уровней будет разное (рисунок 5).

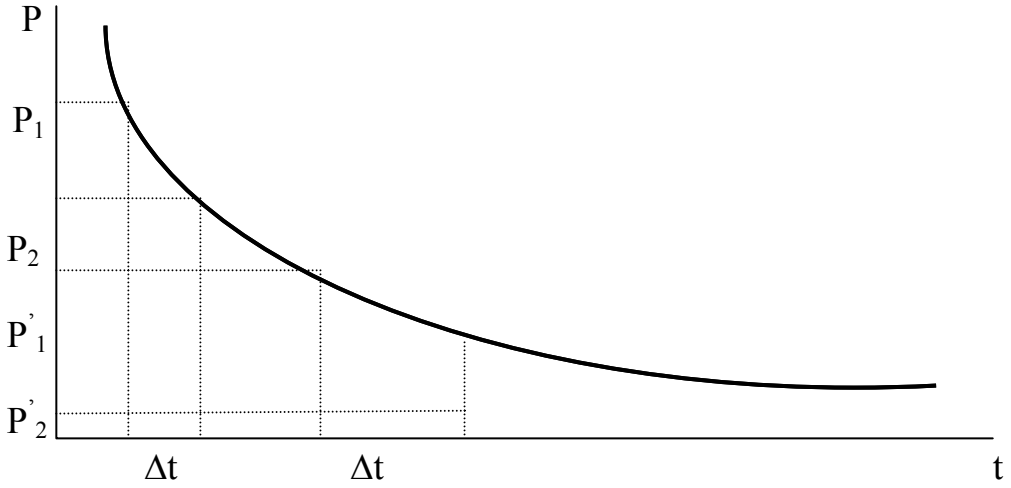


Рисунок 5 – Зависимость уровня радиации от времени

Определяют уровни радиации через известный промежуток времени – 10, 15, 20 минут. Рассчитав отношение P_2/P_1, по таблице 3 определяют время, прошедшее после второго измерения, после чего рассчитывается астрономическое время взрыва.

Пример.

В 10.00 $P_1 = 20$ Р/ч ; в 10.15 $P_2 = 18$ Р/ч.

Решение: $P_2/P_1 = 18/20 = 0,9$

По таблице А1 приложения А ($\Delta t = 15$) находим t = 3.00

Астрономическое время взрыва 10.15 – 3.00 = 7 час 15 мин.

Приведение уровней радиации к любому времени после взрыва (в том числе к 1 часу) производится по таблице 7.

Пример.

Через 12 час после взрыва $P_{12ч} = 3$ Р/ч.

Определить: $P_{1\ час}$; $P_{18\ час}$.

Решение:

$P_{1\ час} = P_{12\ час} K_{12\ час} = 3 \cdot 20$ или 3/ 0,051= 60 Р/ч

$P_{18\ час} = P_{12\ час}\ K_{12\ час}\ K_{18\ час} = 3 \cdot 20 / 32$ или $3 \cdot 0{,}031 / 0{,}051 = 2$ Р/ч.

Р – уровень радиации в данный момент времени

P_{100} – уровень радиации через 1 час после взрыва

Таблица 7 – Коэффициенты спада уровней радиации во времени

Время после взрыва	P/P_{100}	P_{100}/P
минуты		
15	5,26	0,19
20	3,7	0,27
25	2,86	0,35
30	2,27	0,44
40	1,64	0,61
50	1,25	0,8
часы		
1	1	1
1,5	0,64	1,6
2	0,44	2,3
2,5	0,33	3
3	0,27	3,7
3,5	0,22	4,5
4	0,19	5,3
5	0,14	6,9
6	0,11	8,6
8	0,08	12
10	0,064	16
12	0,051	20
18	0,031	32
сутки		
1	0,022	45
2	0,01	104
3	0,006	170

Определение возможных доз излучения при нахождении на зараженной местности

а) Решив уравнение спада уровней радиации $P_t = P_0\ (t/t_0)^{-1,2}$ относительно дозы излучения, получим:

$$D = 5\ (\ P_1 t_1 - P_2 t_2\ )\ ,$$

где P_1 и P_2 – уровни радиации на время t_1 и t_2 после взрыва.

Пример.

Измерение уровня радиации на t_1 = 2 часа после взрыва дало результат P_1=30 Р/час.

Определить: дозу излучения через t_2 = 6 час после взрыва (Δt = 4 часа).

Решение:

определяем P_2 на t_2 = 6 час – по таблице 7

$P_2 = P_1\ K_{2\ часа} / K_{6\ час} = 30 \cdot 2{,}3 / 8{,}6 = 8$ Р/ч

$D = 5\ (P_1t_1 - P_2t_2) = 5\ (30 \cdot 2 - 8 \cdot 6) = 60$ Р.

b) Определение дозы радиации, получаемой на открытой местности, с помощью таблицы А2.

Пример.

Решение: по таблице 2 приложения А находим D = 86 Р.

Находим $P_{1ч}$ (по таблице 8) = $P_{2ч}\ (K_{2ч}/K_{1ч}) = 30 \cdot 2{,}3/1 = 69$ Р

Поправка равна 69/100.

Таким образом, доза излучения $D = (86 \cdot 69)/100 = 59{,}34 \approx 60$ Р.

Примечание: Расчеты даны для открытой местности; при нахождении в зданиях, машине, укрытиях необходимо учитывать $K_{осл}$ – коэффициент ослабления, значения которого приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Средние значения коэффициентов ослабления радиации укрытиями и сооружениями – $K_{осл.}$

Наименование укрытий и транспортных средств	Коэффициент ослабления, $K_{осл.}$
Открытые щели	3
Перекрытые щели	40
Автомобили и автобусы	2
Пассажирские вагоны	3
Крытые вагоны	2
Производственные одноэтажные здания (цехи)	7
Производственные и административные 3-х этажные здания	6
Жилые каменные одноэтажные дома	10
Подвалы жилых каменных одноэтажных домов	40
Жилые каменные многоэтажные дома:	
- двухэтажные:	
первый этаж	15
второй этаж	14
подвал	100
- пятиэтажные:	
первый этаж	18
второй этаж	27
третий этаж	33
четвёртый этаж	34
пятый этаж	24
подвал	400-500
Жилые одноэтажные деревянные дома	2
Подвалы жилых одноэтажных домов	7

Определение допустимого времени пребывания (работы) на зараженной территории

В общем случае допустимое время работы зависит от начального уровня излучения и времени начала работ.

Для определения допустимого времени работы необходимо вычислить выражение $(D_{доп} * K_{осл})/P_{рх}$и затем по таблице А3, в зависимости от времени начала работ, определить допустимое время работ (пребывания) на зараженной местности.

Пример:

$P_{1ч}$ = 50Р/ч; $D_{доп}$ = 4 Р; $К_{осл}$ = 7.

Время начала работ – 5 часов после взрыва.

Решение:

$Р_{вх} = Р_{1ч} \cdot К_{5ч} = 50 \cdot 0{,}14 = 7$ Р/ч.

$(D_{доп} \cdot К_{осл})/ Р_{вх} = (4 \cdot 7)/ 7 = 4$.

Из таблицы А3 находим: $t_{доп}$ = 7,00 = 7 часов.

6 Правила поведения населения при радиационно-опасной аварии

После уведомления населения по радио (или через другие средства оповещения) о радиационной опасности рекомендуется незамедлительно сделать следующее:

1 Укрыться в жилых домах или служебных помещениях.

2 Принять меры защиты от проникновения в квартиру (дом) радиоактивных веществ с воздухом: закрыть форточки, уплотнить рамы и дверные проемы.

3 Сделать запас питьевой воды: в закрытых емкостях, перекрыть краны. Подготовить простейшие средства санитарного назначения (например, мыльные растворы для обработки рук).

4 Провести экстренную йодную профилактику. Йодная профилактика заключается в приеме препаратов стабильного йода: йодистого калия или водно-спиртного раствора йода. Йодистый калий применяется после еды вместе с чаем, киселем или водой 1 раз в день в течение 7 суток. Водно-спиртовой раствор йода нужно принимать после еды в 3 раза в день течение 7 суток, взрослым по 3-5 капель 5% настойки на стакан молока или воды, детям до 2-х лет по 1-2 капли. Смысл применения препаратов йода заключается в том, что он препятствует поступлению радиоактивного йода в щитовидную железу. Кроме того, следует наносить в течение 7 суток 1 раз в день на поверхность кистей йодную сетку.

5 Начать готовится к возможной эвакуации (приготовить деньги, документы, предметы первой необходимости, минимум белья и одежды; запас консервных продуктов на 2-3 суток). Радио должно быть включенным.

Выполнять следующие правила:

- использовать в пищу только консервированные продукты.

- не пить воду из открытых источников и водопровода, накрыть колодцы пленкой или крышками.
- избегать длительных передвижений по загрязненной территории, особенно по траве, не ходить в лес, воздержаться от купания.
- сменить обувь при входе в дом или квартиру.
- в случае передвижения по открытой местности прикрывать органы дыхания смоченными водой марлевой повязкой, носовым платком и т.д., кожу и волосы прикрывать любыми предметами одежды.

Соблюдение этих рекомендаций позволит уменьшить риск неблагоприятных радиационных последствий в чрезвычайных ситуациях.

7 Задания

I Ответить на контрольные вопросы:

1) Дайте понятие экспозиционной, поглощенной и эквивалентной дозы излучения.
2) Что называется мощностью дозы?
3) Какие дозы облучения считаются опасными?
4) Какие данные влияют на радиационную обстановку местности после аварии?
5) Как определить дозу облучения на открытой местности?
6) Дайте характеристику зон радиоактивного заражения после аварии.
7) Правила поведения человека в случае радиационной опасности.

II Решить задачи:

1 Нанесите на схему (карту) прогнозируемые зоны загрязнении от ядерного взрыва при следующих данных:

мощность взрыва – 100 кт;
вид взрыва – наземный;
время взрыва – 6.30; 05.06;
скорость среднего ветра – 25 км/ч.

2 На промышленном предприятии измерена мощность дозы радиации:

в 10 ч 30 мин. – P_1 = 0,5 Гр/ч,
в 11 ч 30 мин. – P_2 = 0,307 Гр/ч.
Определить время взрыва.

3 Персонал прибыл на объект, расположенный в одноэтажном кирпичном здании, через 2 ч после взрыва. Мощность дозы радиации на территории объекта через 1 ч после взрыва составила P_o = 2 Гр/ч.

Определите поглощенную дозу, которую получит персонал, если на объекте они будут находится 4 часа.

4 Спасатели начали работать на железнодорожной платформе. $К_{осл}$ = 1,5 через 3 часа после ядерного взрыва, мощность дозы радиации на территории станции в это время – 0,3 Гр/ч.

Определите продолжительность работы спасателей, если им установлена поглощенная доза 0,4 Гр.

Список литературы

1 Артюнина Г.П., Игнатькова С.А. Основы медицинских знаний: Здоровье, болезнь и образ жизни: Учебное пособие для высшей школы. – 3-е изд., перераб. – М.: Академический Проект; Фонд «Мир», 2006. – 560 с.

2 Горшков Ю.Г., Гальянов И.В., Зайнишев А.В. и др. Безопасность жизнедеятельности (лабораторный практикум по безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени): Учебное пособие. – Челябинск, 2004. – 205 с.

3 Безопасность жизнедеятельности: Словарь-справочник: Около 6000 слов / Под общ. ред. О.Н. Русака, К.Д. Никитина. – Красноярск: Красноярский государственный технический университет, 2003. – 800 с.

4 Ахметзянов И.М., Гребеньков С.В., Ломов О.П. и др. Гигиенические нормативы. Физические факторы окружающей и производственной среды / Под ред. О.П. Ломова. – СПб.: НПО «Профессионал», 2011. – 796 с.

5 Ястребов Г.С. Безопасность жизнедеятельности и медицина катастроф. – Ростов-н/Д.: Феникс, 2002. – 416 с.

6 СанПиН 2.6.1. 2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 7 июля 2009 года № 47 (зарегистрированы Министерством юстиции Российской Федерации 14 августа 2009 года за № 14534).

7 Описание шкалы INES на сайте МАГАТЭ. URL: http://www.iaea.org/Publications/Factsheets/Russian/ines_rus.pdf

Приложение А

Таблица А1 – Таблица для определения астрономического времени взрыва

Время между двумя измере-ниями	Отношение уровня радиации при втором измерении к уровню радиации при первом измерении															
	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
минуты																
15	-	-	-	-	-	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	1	1,1	1,3	2	3	6
30	-	-	-	0,5	0,55	1	1,1	1,2	1,3	1,4	2	2,3	3	4	6	12
45	1	1,05	1,1	1,2	1,25	1,3	1,45	1,5	2,1	2,3	3	3,45	4,3	6	9	18
часы																
1	1,2	1,3	1,4	1,45	1,5	2	2,2	2,3	3	3,3	4	5	6	8	12	24
1,5	2	2,1	2,3	2,35	2,5	3	3,3	3,5	4,3	5	6	7	9	12	18	36
2	2,4	3	3,1	3,3	3,4	4	4,3	5	6	7	8	9	12	16	24	48
2,5	3,2	3,4	4	4,2	4,45	5	5,3	6	7	8	10	12	15	20	30	60
3	4	4,2	4,4	5	5,3	6	7	8	9	10	12	14,3	18	24	36	72
3,5	4,4	5,1	5,3	6	6,3	7	8	9	10	12	14	17	21	28	42	84
4	5,3	6	6,3	7	7,3	8	9	10	12	14	16	19	24	32	48	96
4,5	6	6,3	7	8	8,3	9	10	11	13	15	18	22	27	36	54	108
5	7	7,3	8	8,3	9	11	12	13	15	17	20	24	30	42	60	120

Таблица А2 – Дозы радиации (Р), получаемые на открытой местности при уровне радиации 100 Р/ч на 1 час после взрыва

Продолжительность облучения (Δt)	Время начала облучения с момента взрыва																			
	Часы										Сутки									
	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	1,5	2	3	4	5
Часы																				
1	65	34	22	16	13	10	8	6	5	4	3,5	3	2,7	2,5	2,2	1,2	1	0,6	0,5	0,3
2	99	56	39	29	24	19	14	11	9	8	7	6	5	5	4	2,4	2	1,2	1	0,6
3	121	73	52	40	32	27	20	16	13	11	10	8,5	8	7	6	3,6	3	1,7	1,5	0,9
4	138	86	62	49	40	34	26	20	17	15	13	11	10	9	8	5	4	2	2	1
5	151	96	71	57	47	40	30	25	21	18	15	14	12	11	10	6	5	3	2,5	1,5
6	161	105	78	63	53	45	35	28	24	20	18	16	14	13	12	7	5,5	3	3	2
7	170	113	85	69	58	50	39	32	27	23	20	18	16	15	14	8	6	4	3,5	2
8	178	119	91	75	63	54	43	35	30	26	23	20	18	17	15	10	7	4	4	2
9	184	125	96	79	67	58	46	38	32	28	25	22	20	19	17	10	8	5	4	3
10	190	131	100	84	71	62	49	41	35	30	27	24	22	20	19	12	9	5	5	3
11	196	130	106	88	75	66	52	43	37	33	29	26	24	22	20	13	10	6	5	3
12	200	140	110	82	79	69	55	46	40	35	31	28	25	23	21	14	10	6	6	3
13	205	144	114	95	82	72	58	49	42	37	33	29	27	25	23	15	11	7	6	4
14	209	148	117	98	85	75	60	51	44	39	35	31	29	26	24	16	12	7	6	4
15	213	151	120	101	88	77	63	53	46	41	36	33	30	27	25	17	12	8	7	4
16	216	154	123	104	90	80	65	55	48	42	38	34	31	29	26	18	13	8	7	4
17	219	157	126	107	93	82	67	57	50	44	40	36	32	30	27	19	14	9	8	4
18	222	160	129	109	95	85	70	59	51	46	41	37	34	31	29	19	14	9	8	5
19	225	163	132	112	98	87	72	61	53	47	43	38	35	31	30	20	15	9	8	5
20	228	166	134	114	100	89	74	63	55	49	44	40	36	32	31	21	16	10	9	5
21	231	168	136	116	102	91	75	64	56	50	45	41	37	34	32	22	16	10	9	5
22	233	170	138	118	104	93	77	66	56	52	46	42	38	35	33	23	17	11	9	5
23	235	172	140	120	106	95	79	68	59	53	48	43	40	36	34	24	17	11	10	6
24	237	174	142	122	108	97	81	69	61	54	49	45	41	37	35	24	18	11	10	6
Сутки																				
1	237	174	142	122	108	97	81	69	61	54	49	45	41	37	35	24	18	11	10	6

Продолжение таблицы А2

2	270	206	178	152	138	125	106	95	85	77	71	66	61	57	53	38	29	20	15	12
3	288	224	190	169	154	141	122	109	99	91	84	78	72	69	65	48	38	27	21	17
4	300	235	201	180	162	149	130	117	107	99	93	87	81	77	73	55	44	32	26	22
5	308	243	209	188	172	159	146	127	117	107	100	93	89	84	80	61	50	37	30	25
6	315	250	216	195	178	165	146	133	123	113	106	100	95	90	85	66	55	41	33	28
7	321	256	222	201	184	171	152	139	128	117	111	104	100	95	90	71	59	45	37	31
8	325	260	226	205	188	175	156	143	132	121	116	108	104	99	94	75	62	48	39	33
9	329	264	232	209	192	179	160	147	136	125	119	113	107	102	98	78	66	51	42	36
10	333	268	234	212	195	182	163	150	139	129	122	116	110	105	101	81	68	53	44	38

Таблица 3 – Допустимое время пребывания (работы) на заражённой территории (ч, мин)

$\frac{(D_{доп} * K_{осл})}{P_{рх}}$	Время выхода ($t_{вх}$) в заражённый район с момента взрыва, часы													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24
0,2	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
0,3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,4	0,30	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
0,5	0,40	0,35	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
0,6	0,55	0,45	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
0,7	1,10	0,50	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
0,8	1,20	1	1	0,55	0,55	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
0,9	1,40	1,10	1,05	1	1	1	1	1	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
1	2	1,25	1,25	1,10	1,10	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1
1,25	3,15	1,55	1,40	1,30	1,30	1,30	1,25	1,25	1,25	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
1,5	5,10	2,30	2,05	1,55	1,50	1,45	1,45	1,40	1,40	1,40	1,35	1,35	1,35	1,35
2	12	4	3,10	2,45	2,35	2,30	2,25	2,20	2,20	2,15	2,15	2,10	2,10	2,05
2,5	31	6,30	4,30	3,50	3,30	3,15	3,10	3	3	2,55	2,50	2,45	2,45	2,40
3	96,30	10	6,10	5	4,30	4,10	4	3,50	3,45	3,40	3,30	3,25	3,15	3,15
4	-	24	11	8	7	6,15	5,50	5,35	5,20	5,10	5	4,45	4,30	4,25
6	-	-	36	20	15	12	11	10	9,30	9	8,20	7,45	7,15	7
10	-	-	-	100	60	40	30	25	23	21	18	16	14	13

Содержание

Введение 3
1 Понятие о радиации 4
2 Характеристика радиационных аварий 6
3 Дозиметрические величины и единицы измерения 10
4 Биологическое действие ионизирующих излучений 11
5 Оценка радиационной обстановки на объекте 15
Прогнозирование радиационной обстановки 15
Оценка радиационной обстановки по данным разведки 17
Определение времени взрыва 18
Определение возможных доз излучения при нахождении на зараженной местности 19
Определение допустимого времени пребывания (работы) на зараженной территории 21
6 Правила поведения населения при радиационно-опасной аварии 21
7 Задания 22
Список литературы 23
Приложение А 24

Смирнова Нина Калиновна
Кривобокова Вера Александровна
Коновалов Максим Николаевич

ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ НА ТЕРРИТОРИИ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА ПРИ АВАРИИ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

Методические указания к выполнению практической работы для студентов направлений 101000.62, 011200.62, 020201.65, 022000.62, 020400.62, 021000.62, 030300.62, 030600.62, 030900.62, 031300.62, 032700.62, 033000.62, 034300.62, 040100.62, 040400.62, 040700.62, 050100.62, 050400.62, 050700.62, 051000.62, 072500.62, 080100.62, 080200.62, 280700.62

Редактор А.С. Мокина

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1,75	Уч.-изд. л. 1,75
Заказ	Тираж 185	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университета.