Министерство образования и науки Республики Казахстан

Некоммерческое акционерное общество
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ
имени Гумарбека Даукеева»

Н. Г. Приходько

БИОЛОГИЧЕСКАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебное пособие

Алматы 2022

УДК 502.504(075.8)
ББК 20.18 я73
П 77

Рецензенты
академик МАН ВШ, доктор химических наук, профессор кафедры «Химическая физика и материаловедение» КазНУ
им. аль-Фараби
Мансуров З.А.
кандидат химических наук, асс. профессор, главный научный сотрудник Института проблем горения
Лесбаев Б.Т.
PhD, директор Института ТиСУ, доцент кафедры «Безопасность труда и инженерная экология» АУЭС
Бегимбетова А.С.

Рекомендовано к изданию Ученым советом Алматинского университета энергетики и связи (Протокол №___ от . .2022)
Печатается по дополнительному плану выпуска ведомственной литературы АУЭС на 2021 год, позиция 73.

Приходько Н.Г.
П 77 Биологическая, химическая и радиационная безопасность: Учебное пособие (для студентов технических специальностей высших учебных заведений)/Н.Г. Приходько – Алматы: АУЭС, 2021. – 169 с.: табл. 29, ил.12, библиогр. – 43 назв.

ISBN 978-601-358-026-5

Пособие предназначено для студентов всех образовательных программ. В пособии приведены особенности воздействия радиационных, химических и биологических факторов на безопасность жизнедеятельности, приведена их классификация и методы защиты, обеспечивающие безопасность.

УДК 502/504(075.8)
ББК 20.18 я73
П 77

ISBN 978-601-358-026-5

© АУЭС, 2022
Приходько Н.Г., 2022

Содержание

	Глава 1. Общие понятия о радиоактивности	7
1.1	Об истории создания атомистического учения	7
1.2	Строение атома и атомного ядра	7
1.3	Понятие радиоактивности	9
	Глава 2. Основные свойства ионизирующих излучений	11
2.1	Понятие ионизирующих излучений…	11
2.2	Характеристика ионизирующих излучений	13
2.3	Закон радиоактивного распада и активность радионуклидов	16
2.4	Единицы измерения ионизирующих излучений	18
2.5	Особенности воздействия радиации на человека	22
	Глава 3. Основные источники ионизирующих излучений	28
3. 1	Природная радиация	28
3.1.1	Космическое излучение	28
3.1.2	Земная радиация	30
3.2.	Техногенные источники ионизирующих излучений	32
3.2.1	Применение радионуклидов в медицине, промышленности, и сельском хозяйстве	32
3.2.2	Последствия испытаний ядерного оружия	33
3.2.3	Доза облучения от выбросов предприятий атомной энергетики	35
3.2.4	Сжигание органического топлива на теплоэлектростанциях	39
3.2.5	Искусственные источники и потребительские товары, содержащие радионуклиды	40
	Глава 4. Требования к обеспечению радиационной безопасности населения	42
4.1	Основные принципы обеспечения радиационной безопасности	42
4.2	Контроль облучения населения	43
	Глава 5. Гигиенические аспекты радиационной безопасности	46
5.1	Мероприятия радиационной безопасности	46
5.2	Пути снижения внешнего и внутреннего облучения	46
5.3	Мероприятия по ускорению выведения радионуклидов из организма	48
	Глава 6. Дозиметрические и радиометрические приборы	50
6.1	Методы индикации дозиметрическими и радиометрическими приборами	50
6.2	Дозиметрические приборы	51
6.3	Дозиметрический контроль	53
	Глава 7. Химически опасные объекты	54
7.1	Краткая характеристика химически опасных объектов	54
7.2	Классификация аварий на химически опасных объектах	57
7.3	Аварийно химически опасные вещества	58
7.4	Характер химических аварий и масштабы их последствий	62

Глава 8. Вредные вещества 67
8.1 Общая характеристика вредных веществ 67
8.2 Действие вредных веществ 68
8.3 Последствия воздействия вредных веществ 70
8.4 Пути обезвреживания ядов организмом человека 73
8.5 Комбинированное действие промышленных ядов 74
Глава 9. Сильнодействующие ядовитые вещества 76
9.1 Характеристика сильнодействующих ядовитых веществ 76
9.2 Прогноз масштаба заражения территории СДЯВ 77
9.3 Мероприятия по защите от СДЯВ 80
9.4 Средства индивидуальной защиты 82
9.5 Признаки отравления СДЯВ и первая помощь 85
Глава 10. Химические опасности военного времени 87
10.1 Общая характеристика химического оружия 87
10.2 Параметры боевых токсичных химических веществ 91
10.3 Характеристика боевых отравляющих веществ 93
10.4 Характеристика токсинов и фитотоксикантов 96
10.5 Нетабельные боевые токсические химические вещества 98
10.6 Химические боеприпасы и приборы 98
10.7 Химический терроризм 99
Глава 11. Пестициды и лекарственные препараты 101
11.1 Пестициды 101
11.1.1 Фосфорорганические пестициды 105
11.1.2 Хлорорганические соединения 106
11.1.3 Ртутьорганические соединения 107
11.1.4 Мышьяксодержащие пестициды 108
11.1.5 Другие пестициды 109
11.1.6 Оказание первой помощи при отравлении пестицидами 109
11.2 Лекарственные вещества 110
11.2.1 Вредные лекарства 111
11.2.2 Лекарственные отравления 113
11.2.3 Признаки отравления лекарственными препаратами 116
11.2.4 Несовместимость лекарственных средств 117
Глава 12. Общая характеристика биологической безопасности и биологических опасностей 119
12.1 Общие сведения об окружающем мире 119
12.2. Общая характеристика биологических опасностей 128
Глава 13. Инфекционные заболевания и мероприятия по защите 131
13.1 Актуальность проблемы 131
13.2 Инфекционные болезни и мероприятия по защите 133
Глава 14. Биологическое оружие и биологический терроризм 137
14.1 Общая характеристика биологического оружия 137

14.2 Тенденции развития биологического оружия 138
14.3 Характеристика биологических средств 138
14.4 Параметры биологических средств 139
14.5 Характеристика болезней 141
14.6 Характеристика технических средств применения биологического оружия 145
14.7 Биологический терроризм 145
14.7.1 Биотерроризм как наиболее опасный вид терроризма 146
14.7.2 Биотерроризм как составляющая часть угрозы распространения опасных инфекционных заболеваний человека и животных 149
Глава 15. Биобезопасность и инфекционные заболевания 155
15.1 Возникающие и вновь возникающие инфекции как угроза бесконтрольного распространения эпидемий по земному шару 156
15.2 Факторы, оказывающие влияние на изменения свойств известных возбудителей инфекционных заболеваний и появление новых 162
Список литературы 167

Глава 1. Общие понятия о радиоактивности

1.1 Об истории создания атомистического учения

Первое упоминание об атомистической теории наблюдается в трудах древнегреческого философа Демокрита, жившего в V в. до н. э. Однако историками установлено, что основателем теории все-таки является учитель Демокрита — Левкипп, который считал, что материя состоит из отдельных непрерывно движущихся частиц (атомов). Атомисты древней Греции, Китая, Индии установили, хотя и в самой общей форме, основное положение материалистической философии: материя несотворима и неуничтожима, вечна и бесконечна. М.В. Ломоносов на основании гениальной догадки древних в 40-х годах XVIII века развил атомно-молекулярную теорию строения вещества. На основании атомно-молекулярной теории вещество состоит из «корпускул» (молекул), которые, в свою очередь, состоят из «нечувствительных физических частичек» (атомов). По утверждению М.В. Ломоносова все движения материи сводятся к движению атомов и определяют характер всех изменений в природе. Им был основан фундамент для дальнейших познаний тайн атомов, и с него начался период химической атомистики.

Французский ученый А. Беккерель в феврале 1896 года совершенно случайно обнаружил, что соли окиси урана засвечивают фотографическую пластинку, завернутую в светонепроницаемую бумагу. В результате этого было установлено наличие ранее неизвестного явления природы — испускание ураном неизвестного проникающего излучения, названного *радиоактивностью.* М. Склодовская-Кюри и П. Кюри продолжили исследования , и ими были открыты радиоактивные элементы: торий, полоний, радий, актиний. Беккерелю и супругам Кюри за эти исследования в 1903 г. была присуждена Нобелевская премия.

1.2 Строение атома и атомного ядра

Окружающий мир состоит из простых и сложных веществ. Простые вещества – это химические элементы, а сложные — их химические соединения. В основе элемента, определяющего его химические свойства, находится атом – наименьшая частица химического элемента. Химические свойства элемента определяются строением атома. Атомы различных веществ неодинаковы по своему строению: например, атом водорода отличается от атома железа, а атом железа – от атома урана.

Химический элемент – это определенный вид атомов с одинаковым положительным зарядом ядра. Независимо от того, входят ли, например, атомы кислорода в состав молекул кислорода или в состав молекул воды – это химический элемент кислород. Как известно, всего в природе 108 элементов. Из них 90 существуют в природе, и около 70 содержатся в организме человека. Для обозначения химических элементов введены химические знаки или химические символы. Их обозначают начальной или

начальной и одной из последующих букв латинского названия данного элемента (кислород, Oxygenium – O; натрий, Natrium – Na; цинк, Zincum – Zn и т. д.). Каждый элемент занимает в периодической таблице Д.И. Менделеева определенное место, т.е. имеет порядковый номер.

Объединяясь, атомы образуют новые частицы – молекулы. Молекула сохраняет состав и химические свойства вещества и является наименьшей частицей вещества. Все вещества делятся на простые и сложные в зависимости от того, состоят ли молекулы из атомов одного и того же элемента или же из атомов различных элементов.

Молекула простого вещества состоит из одного атома (He – гелий, Ne – неон, Kr – криптон), двух (O_2 – кислород, N_2 – азот, Cl_2 – хлор) и более атомов (S_8 – сера). Один и тот же элемент может образовывать несколько простых веществ (например, алмаз и графит – разное размещение одних и тех же атомов углерода в молекуле). Возможно и различное число атомов одного и того же элемента в молекуле (O_2 – кислород, O_3 – озон). Вещества, молекулы которых состояли из атомов двух и более элементов, образуют сложные вещества (H_2O, CO_2, H_2SO_4, CH_3CH_2OH). Каждому элементу соответствует определенный род атома. Размеры атома чрезвычайно малые. Его диаметр составляет 10^{-8} см, на отрезке в 1 см можно уложить 100 млн. атомов. Масса самого простого и легкого атома – водорода ($^{1}_{1}H$) составляет $1{,}67 \times 10^{-27}$кг. Самый тяжелый из существующих на Земле элементов – это атом урана ($^{238}_{92}U$), занимающий в таблице Д.И. Менделеева 92 место. Он тяжелее атома водорода в 238 раз. Известны сверхтяжелые элементы, получаемые искусственным путем. Так атом плутония ($^{244}_{94}Pu$) в 244 раза тяжелее атома водорода.

Все атомы химических элементов имеют одинаковую структуру. Они состоят из положительно заряженного ядра, где сконцентрирована практически вся масса атома (99,95%) и отрицательно заряженных электронов, образующих электронные оболочки вокруг ядра. В целом атом электрически нейтрален. Модель строения атома предложил еще в 1911 г. английский физик Эрнст Резерфорд (это так называемая планетарная, или ядерная модель). Атом, по Резерфорду, – это своеобразная модель Солнечной системы – в центре находится тяжелое положительно заряженное ядро, вокруг которого, подобно планетам вокруг Солнца, вращаются отрицательно заряженные электроны. В 1913 г. знаменитый датский ученый Нильс Бор усовершенствовал планетарную модель атома. Он высказал суждение, что электроны движутся не по любым орбитам, а по определенным. При этом, согласно Бору, электронные орбиты могут быть сгруппированы в отдельные электронные оболочки. Согласно модели, атом состоит из положительно заряженного, расположенного в центре *ядра*. Вокруг него движутся по своим строго определенным орбитам отрицательно заряженные частицы — *электроны,* точно так же, как планеты вокруг Солнца, рисунок 1 [1].

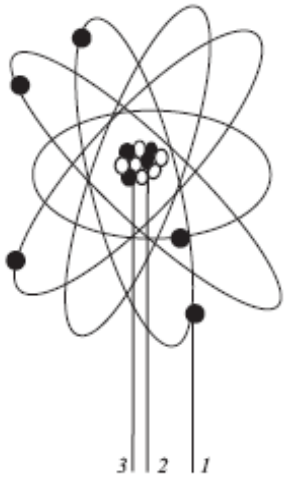


Рисунок 1 – Схема планетарного строения атома: 1 – электрон, 2 – протон, 3 – нейтрон

Вокруг ядра образуется электронная оболочка. Электроны находятся на различных расстояниях от ядра, их количество в атоме таково, что общий заряд нейтрализует положительный заряд ядра. Потеря электрона приводит к ионизации атома. Кроме электронов атомы содержат протоны и нейтроны.

Протоны имеют положительный заряд. В связи с этим нейтральный атом содержит равное количество электронов и протонов. Количество протонов в ядре равно порядковому номеру элемента в Периодической системе элементов Д.И. Менделеева.

В отличие от протонов *нейтроны* не имеют электрического заряда. В современной физике протону и нейтрону дано общее название *нуклон* (от *лат.* nucleus — ядро). Общее число нуклонов в атомном ядре соответствует массе атома. Обычно массу атомов всех химических элементов выражают в относительных единицах, условно приняв за единицу 1/12 часть массы основного изотопа углерода с массовым числом 12.

На рисунке 2 [1] представлены схематичные модели атомов водорода (H), гелия (He), лития (Li), бериллия (Be) и бора (B).

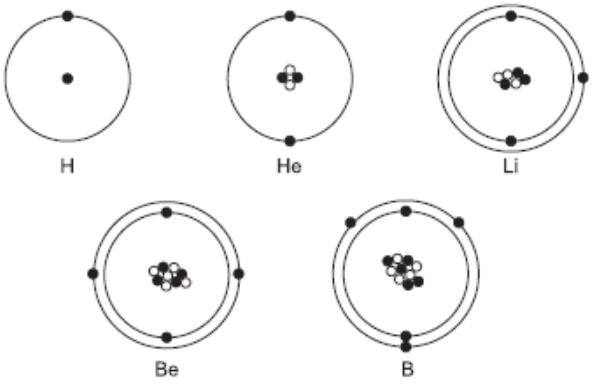


Рисунок 2 – Схематические модели атомов

В центре каждого из них расположено ядро, состоящее из протонов (черные кружки) и нейтронов (белые кружки). Вокруг ядер вращаются электроны.

Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, являются разновидностями одного и того же химического элемента и называются *изотопами* данного химического элемента. На рис. 3 представлены изотопы водорода [1].

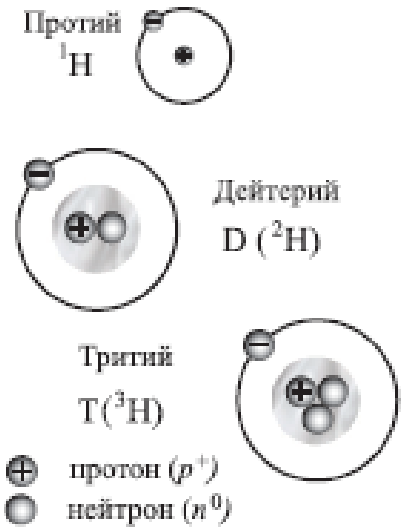


Рисунок 3 – Изотопы водорода

В ядре атома водорода либо вообще нет нейтронов, либо их один или два. Это значит, что водород существует в виде трех изотопов, т.е. в виде трех атомов различной массы, но с одинаковым зарядом ядра. Следовательно, для того чтобы различать изотопы, их обозначают числом, равным сумме входящих в ядро протонов и нейтронов. Для водорода это соответственно водород-1 (протий), водород-2 (дейтерий) и водород-3 (тритий). Например, в ядре цезия-137 содержится 55 протонов и 82 нейтрона (^{137}Cs), в радии-226 содержится 88 протонов и 138 нейтронов (^{226}Ra). Оказалось, что 106 элементов имеют 1600 разновидностей. Из этого числа около 356 изотопов существуют в природе, а свыше 1250 получены искусственно.

Ядра всех изотопов химических элементов принято называть *нуклидами. Радионуклиды* — это радиоактивные атомы с данным массовым числом и атомным номером. Большая часть нуклидов нестабильна, они все время превращаются в другие нуклиды.

1.3 Понятие радиоактивности

В 1895 г. В. Рентген обнаружил лучи, которые возникали при пропускании тока высокого напряжения через стеклянный баллон с разреженным воздухом. Эти лучи обладали способностью вызывать почернение фотопластинки в светонепроницаемой упаковке. В 1896 г.

А. Беккерель обнаружил, что соединения урана и некоторые его природные руды (соли урана) самопроизвольно излучают невидимые лучи, обладающие большой проникающей способностью и вызывающие почернение фотопластинки. В 1898 г. Мария Склодовская-Кюри и Пьер Кюри установили, что излучать лучи могут не только уран и его соединения, но и некоторые другие элементы: радий, торий, полоний. Явление самопроизвольного излучения было названо радиоактивностью, а вещества, излучающие лучи, радиоактивными. В дальнейшем было установлено, что эти излучения связаны с процессом самопроизвольного распада ядер атомов этих веществ. Оказалось, что радиоактивное излучение состоит из трех компонентов разной природы. В магнитном поле эти излучения делятся на три пучка: лучи, заряженные отрицательно, β-лучи – отклоняются в сторону севера; лучи, заряженные положительно, α-лучи – отклоняются в сторону юга; лучи, не имеющие электрического заряда (нейтральные), γ-лучи – не отклоняются, рисунок 4 [1].

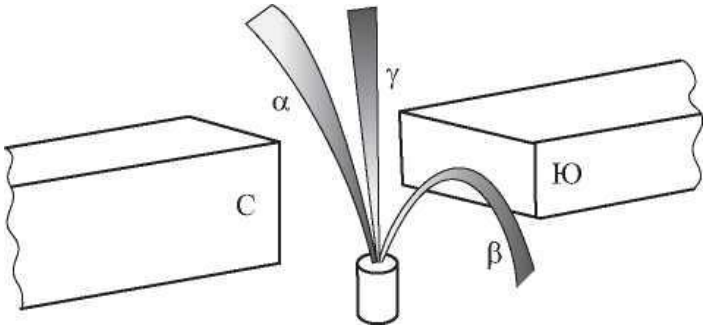


Рисунок 4 – Самопроизвольный распад радиоактивных ядер, сопровождающийся ионизирующим излучением

Радиоактивность – это свойство ядер определенных элементов самопроизвольно превращаться в ядра других элементов с испусканием особого рода излучений, которые называют радиоактивными излучениями. Это явление называется радиоактивным распадом.

Радиоактивные превращения, в отличие от химических реакций, происходят самопроизвольно и непрерывно, всегда сопровождаются выделением энергии. На их скорость не оказывает никакого влияния ни изменение температуры и давления, ни самый лучший химический катализатор, ни электрическое и магнитное поля, ни агрегатное состояние вещества. Их нельзя ни ускорить, ни замедлить.

Естественная радиоактивность – это радиоактивность, наблюдающаяся в ядрах, существующих в природных условиях. Аналогичные процессы, происходящие в искусственно полученных веществах, называют искусственной радиоактивностью. Между искусственной и естественной радиоактивностью нет принципиального различия. Процесс радиоактивного превращения в обоих случаях подчиняется одним и тем же законам (закон

сохранения энергии, электрических зарядов и др.). По закону сохранения количества нуклонов число нуклонов при любом радиоактивном распаде сохраняется, причем нуклоны одного вида могут превращаться в нуклоны другого вида (нейтроны – в протоны и наоборот).

Изотопы, обладающие радиоактивностью, называют радиоактивными изотопами. Как уже отмечалось, ядра всех изотопов химических элементов называют нуклидами (т.е. радионуклиды – это радиоактивные атомы с данным массовым числом и атомным номером). Вещества, содержащие в своем составе радионуклиды, называются радиоактивными веществами. Элементы, состоящие только из радиоактивных изотопов, называются радиоактивными элементами.

Глава 2. Основные свойства ионизирующих излучений

2.1 Понятие ионизирующих излучений

Радиация – излучение энергии в виде волн или частиц. Разновидностью радиации являются также свет, ультрафиолетовые лучи, инфракрасное тепловое излучение, микроволны, радиоволны. Вид излучений, обладающих способностью вызывать ионизацию атомов и молекул в облучаемом веществе, получил название ионизирующих.

Ионизирующее излучение – излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Это поток частиц или квантов, способных прямо или косвенно вызывать ионизацию окружающей среды. Ионизирующее излучение объединяет разные по своей физической природе виды излучений. Среди них выделяются элементарные частицы (электроны, позитроны, протоны, нейтроны, мезоны и др.), более тяжелые многозарядные ионы (α-частицы, ядра бериллия, лития и других более тяжелых элементов); излучения, имеющие электромагнитную природу (γ-лучи, рентгеновские лучи).

Различают два типа ионизирующих излучений: корпускулярное и электромагнитное.

Корпускулярное излучение – это поток частиц (корпускул), которые характеризуются определенной массой, зарядом и скоростью. К нему относятся электроны, позитроны, протоны, нейтроны, ядра атомов гелия, дейтерия и др.

Электромагнитное излучение – поток квантов или фотонов – это рентгеновское излучение, γ-излучение радиоактивных элементов и тормозное излучение, возникающее при прохождении через вещество сильно ускоренных заряженных частиц. Видимый свет и радиоволны относятся также к электромагнитным излучениям. Однако они ионизирующей способностью не обладают, так как характеризуются большой длиной волны.

Различают также непосредственно и косвенно ионизирующие излучения.

Непосредственно ионизирующее излучение – ионизирующее излучение,

состоящее из заряженных частиц, имеющих кинетическую энергию, достаточную для ионизации при столкновении (электрон, протон, частица и др.).

Косвенно ионизирующее излучение – ионизирующее излучение, состоящее из незаряженных частиц и фотонов, которые могут создавать непосредственно ионизирующее излучение и (или) вызвать ядерные превращения (нейтроны, рентгеновские и γ-излучения).

Основным *свойством* ионизирующих излучений является их ***ионизирующая способность***, т.е. способность при прохождении через любые вещества вызывать образование большого количества *свободных электронов* и положительно заряженных *ионов*. При этом наблюдается первичная и вторичная ионизация.

Первичная ионизация характеризуется тем, что частицы или квант высокой энергии выбивают обычно один из электронов атома, который уносит с собой единичный отрицательный заряд. При этом оставшаяся часть атома или молекулы, приобретя положительный заряд, становится положительно заряженным ионом. Выбитые при первичном взаимодействии электроны, обладая определенной энергией, сами взаимодействуют со встречными атомами, превращают их в отрицательно заряженный ион. Это *вторичная ионизация*. Электроны, которые потеряли в результате столкновений свою энергию, остаются свободными. Первый вариант (образование положительных ионов) происходит лучше всего с атомами, у которых на внешней оболочке имеется 1-3 электрона, а второй (образование отрицательных ионов) – с атомами, у которых на внешней оболочке имеется 5-7 электронов.

Ионизирующий эффект – главное проявление действия радиации высоких энергий на вещество. Ионизация возникает как в молекулах неорганического вещества, так и в биологических объектах. Для ионизации большинства элементов, которые входят в состав биообъектов, необходимо поглощение энергии в 10^{-12} эВ (электрон-вольт). Это так называемый потенциал ионизации, который приводит к образованию одной пары ионов. Потенциал ионизации воздуха равен в среднем 34 эВ.

Ионизирующие излучения характеризуются энергией излучения, измеряемой в эВ. Электрон-вольт (эВ) – это внесистемная единица энергии, которую приобретает частица с элементарным электрическим зарядом при перемещении в электрическом поле между двумя точками с разностью потенциалов в 1 вольт.

$1эВ=1{,}6 \times 10^{-19}$ Дж $= 1{,}6 \times 10^{-12}$ эрг.

1кэВ (килоэлектрон-вольт) $= 10^3$ эВ.

1МэВ (мегаэлектрон-вольт) $= 10^6$ эВ.

Зная энергию частиц, можно подсчитать, сколько пар ионов они способны образовать на пути пробега. Длина пути – полная длина траектории частицы (какой бы сложной она ни была бы). Так, если частица обладает энергией в 600 кэВ, то она может образовать в воздухе около 20000 пар ионов.

В тех случаях, когда энергии частицы (фотона) недостаточно для того,

чтобы электрон преодолел притяжение атомного ядра и вылетел за пределы атома (энергия излучений меньше потенциала ионизации), ионизация не происходит. Электрон, приобретя излишек энергии, становится *возбужденным* и на доли секунды переходит на более высокий энергетический уровень, а затем скачком возвращается на прежнее место и отдает излишнюю энергию в виде кванта свечения (ультрафиолетового или видимого). Переход электронов с внешних орбит на внутренние сопровождается рентгеновским излучением.

Вторым свойством ионизирующего излучения является его ***проникающая способность.*** Она характеризует способность излучений высокой энергии, прежде всего рентгеновских и γ-лучей, проникать в глубину вещества, в частности, в тело человека. Глубина проникновения ионизирующего излучения зависит, с одной стороны, от природы излучения, заряда составляющих его частиц и энергии, а с другой – от состава и плотности облучаемого вещества.

Ионизирующие излучения обладают определенной скоростью и энергией. Так, β-излучение и γ-излучение распространяются со скоростью, близкой к скорости света. Энергия, например, α-частиц колеблется в пределах 4–9 МэВ.

2.2. Характеристика ионизирующих излучений

Корпускулярные излучения – ионизирующие излучения, состоящие из частиц с массой, отличной от нуля.

Альфа-излучение – поток положительно заряженных частиц (ядер атомов гелия – $_2{}^4$He), испускаемых при распаде тяжелых ядер, например урана или радия, и при ядерных реакциях. Они обладают энергией в пределах 4^{-9} (2^{-11}) МэВ. Альфа-частицы движутся в веществе прямолинейно, со скоростью около 20000 км/с, вызывая на своем пути ионизацию всех атомов. Пробег α-частиц в веществе зависит от их энергии и от природы вещества, в котором они движутся. Пробег в воздухе составляет до 10 см, а в биологической среде (вода, ткань) — до 0,1 мм. Удельная ионизация составляет примерно 40000 пар ионов на 1 см пробега в воздухе (на всей длине пробега может создаваться до 250 тысяч пар ионов). В биологической ткани на пути в 1–2 микрона также создается до 40000 пар ионов. Вся энергия передается клеткам организма, нанося ему огромный вред.

Защитой от α-частиц служит тонкий слой любого вещества (одежда, лист бумаги, 10-сантиметровый слой воздуха). Они практически не могут проникать через внешний (роговой) слой кожи и поглощаются им. Поэтому α-излучение не представляет опасности до той поры, пока радиоактивные вещества, излучающие α-частицы, не попадут внутрь организма через открытую рану, с пищей или вдыхаемым воздухом – тогда они становятся *чрезвычайно опасными*.

Бета-излучение – поток отрицательно заряженных частиц (электронов)

или положительно заряженных – позитронов (β-частицы), испускаемых атомными ядрами при их β-распаде. Позитрон — элементарная частица, имеющая массу электрона, в абсолютном выражении равную $9{,}1 \times 10^{-28}$ г, но обладающая положительным элементарным зарядом.

Энергия β-частиц изменяется в значительных пределах. Это объясняется тем, что при каждом β-распаде радиоактивных ядер образующаяся энергия распределяется между дочерним ядром, β-частицами и нейтрино в разных соотношениях. Максимальная энергия β-частиц лежит в пределах от 0,015-0,05 МэВ (мягкое излучение) до 3-13,5 МэВ (жесткое излучение). В зависимости от энергии излучения бета-частицы распространяются в среде со скоростью от 100 тыс. км/с до 300 тыс. км/с.

Поскольку β-частицы имеют заряд, то они отклоняются от прямолинейного направления под действием электрического и магнитного полей. Обладая очень малой массой (их масса в 1840 раз легче массы протонов), β-частицы при столкновении с атомами и молекулами также легко отклоняются от своего первоначального направления, что приводит к их рассеиванию. Поэтому траектория движения бета-частиц слишком извилистая, что затрудняет определение длины их пробега. Пробег β-частиц определяется запасом энергии, плотностью средой прохождения и находится в широком диапазоне. Длина пробега в воздухе может достигать 25 см, а иногда и нескольких метров. В биологических тканях пробег частиц составляет до 1 см.

Ионизирующая способность бета-частиц значительно ниже, чем альфа-частиц, так как вызывают ионизацию только отдельных атомов. На 1 см пути пробега в воздухе β-частица образует 50–100 пар ионов (1000^{-25} тыс. пар ионов на всем пути в воздухе). Степень ионизации зависит от энергии излучения β-частиц (которая определяет скорость движения): при меньшей энергии скорость меньше – ионизация больше. Бета-частицы больших энергий, пролетая мимо ядра слишком быстро, не успевают вызвать такой же сильный ионизирующий эффект, как медленные бета-частицы. При потере энергии электрон захватывается либо положительным ионом с образованием нейтрального атома, либо атомом с образованием отрицательного иона. Защитой от β-частиц служит слой вещества толщиной 1-2 см.

Нейтронное излучение – излучение, состоящее из нейтронов – частиц, не обладающих электрическим зарядом, масса которых примерно равна массе протонов. Их открытие в 1932 году принадлежит английскому физику Дж. Чедвику. Нейтроны образуются при ядерных реакциях: цепной реакции деления ядер тяжелых радиоактивных элементов, при реакциях синтеза более тяжелых элементов из ядер водорода. Нейтроны проникают в ядра атомов и вызывают ядерные реакции. Это позволило получить искусственные радиоактивные изотопы. Нейтронное излучение является косвенно ионизируемым, так как образование ионов происходит не под действием самих нейтронов, а под действием вторичных тяжелых заряженных частиц и

гамма-квантов, которым нейтроны передают свою энергию. Нейтронное излучение обладает высокой проникающей способностью (пробег в воздухе может достигать нескольких тысяч метров) и поэтому чрезвычайно опасно. Нейтроны, проходя через вещество, могут вызвать наведенную радиоактивность, превращая атомы стабильных элементов в их радиоактивные изотопы. От нейтронного облучения хорошо защищают водородсодержащие материалы: парафин, вода, графит и т. д. В зависимости от кинетической энергии нейтроны подразделяются на быстрые (0,15–10 МэВ), сверхбыстрые (500 МэВ), промежуточные (5 КэВ–0,5 МэВ), медленные (0,1–5 КэВ), тепловые (в пределах 0,025 МэВ). Нейтронное излучение используют для нейтронной терапии в медицине, определения содержания отдельных элементов и их изотопов в биологических средах и т. д. В медицинской радиологии используются главным образом быстрые и тепловые нейтроны, в основном используют калифорний-252, распадающийся с выбросом нейтронов со средней энергией в 2,3 МэВ.

Электромагнитные излучения – это рентгеновское излучение, гамма-излучение радиоактивных элементов и тормозное излучение, которые различаются по своему происхождению, энергии, а также по длине волны. Энергия электромагнитного поля излучается не непрерывно, а отдельными порциями – квантами (фотонами). Поэтому электромагнитные излучения – это поток квантов или фотонов.

Рентгеновское излучение было открыто В. Рентгеном в 1895 году. Рентгеновское излучение – это квантовое электромагнитное излучение с длиной волны в диапазоне от 0,01 нм до 100 нм и распространяется со скоростью света – 300000 км/с. Рентгеновское излучение граничит с ультрафиолетовым излучением со стороны длинных волн, а со стороны коротких волн оно в значительной степени перекрывается ядерным гамма-излучением. Его подразделяют по способу возбуждения на жесткое (характеристическое) – с длиной волны в диапазоне 0,01 нм $< \lambda <$ 1 нм, мягкое (тормозное) – 1 нм $< \lambda <$ 30 нм и ультрамягкое – 30 нм $< \lambda <$ 100 нм. Разница в длинах волн приводит к различным свойствам излучения. В частности, излучение с длиной волны более 10 нм сильно поглощается в атмосфере. Как правило, в медицине используется рентгеновское излучение с длиной волны порядка от 10 до 0,005 нм, чему соответствует энергия от 100 эВ до 0,5 МэВ. В структурном анализе обычно используют жесткое рентгеновское излучение с длиной волны 0.05–0,2 нм.

Фотоны рентгеновского излучения, проходя через тело, взаимодействуют в основном с электронами атомов и молекул вещества, а достаточное жесткое излучение может взаимодействовать также и с ядрами атомов. При этом происходят следующие первичные процессы: когерентное рассеяние, фотоэффект и комптом-эффект.

Гамма-излучение – коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны менее 0,01 нм очень высокой энергии, вследствие чего обладает ярко выраженными корпускулярными и слабо выраженными волновыми

свойствами. Скорость распространения в вакууме равняется скорости света – 300000 км/с. Гамма-излучение не является самостоятельным видом радиоактивного распада – это излучение ядерного происхождения. Излучение этого типа почти всегда сопровождает не только α-распад и β-распад, но и более сложные ядерные реакции. Оно испускается ядрами атомов при альфа и бета распаде природных искусственных радионуклидов в тех случаях, когда в дочернем ядре оказывается избыток энергии, не захваченный корпускулярным излучением (альфа- и бета-частицей). Этот избыток энергии мгновенно высвечивается в виде гамма-квантов.

Гамма-лучи не имеют заряда и поэтому не отклоняется ни в электрическом, ни в магнитном полях, распространяясь прямолинейно и равномерно во все стороны от источника. Энергия гамма-излучения колеблется от десятков тысяч до миллионов электрон-вольт (2-3 МэВ), редко достигает 5-6 МэВ. В состав потока гамма-излучений входят кванты различных энергий. Они обладают относительно слабой ионизирующей (2–3 пары ионов на 1 см) и очень большой проникающей способностями.

Средняя длина пробега квантов превышает десятки и сотни метров в воздухе, в воде и мягких тканях – несколько метров, поэтому тело человека пронизывается ими практически полностью. Гамма-излучение является более жестким излучением, чем рентгеновское излучение, но механизмы взаимодействия с веществом такие же, как и для рентгеновских лучей. Защитой от гамма-излучения может служить слой свинца толщиной не менее 1 см, толстые слои бетона, земли или воды. Например, чтобы снизить в 2 раза гамма-излучение радиоактивного кобальта – ${}_{27}^{60}\mathrm{Co}$ (наиболее часто используемого в медицине для лучевой терапии) нужно взять слой свинца в 1,6 см или слой бетона в 10 см.

2.3 Закон радиоактивного распада и активность радионуклидов

Масса радиоактивного вещества со временем уменьшается в результате его распада. Степень нестабильности ядер радионуклидов определяет скорость его распада. Одни радиоактивные изотопы распадаются быстро, превращаясь в обычные стабильные, другие — очень медленно («живут» долго, излучая постоянно). Каждому радиоактивному веществу присуща своя скорость распада ядер его атомов – она постоянна, неизменна и характерна только для данного изотопа. Распад радионуклидов происходит в одном и том же порядке и подчиняется *закону радиоактивного распада*. Суть закона заключается в том, что за единицу времени распадается одна и та же часть имеющихся в наличии ядер атомов радиоактивного изотопа. Спонтанный распад атомных ядер происходит по экспоненциальному закону:

$$N_1 = N_0 \cdot \mathrm{e}^{-\lambda t}, \qquad (1)$$

где N_0 – исходное количество атомов;

N_t – число атомов, оставшихся через время t;

t – время распада;
λ – постоянная распада, $с^{-1}$.

Скорость распада принято описывать *периодом полураспада* – промежутком времени, в течение которого половина из всех имеющихся в наличии ядер подвергается самопроизвольному превращению. За следующий период полураспада распадутся ещё 50% от оставшихся, т.е. 25% от первоначального их числа и т. д. Чем меньше период полураспада, тем интенсивнее идет радиоактивный распад. Например, активность радона ($T_{1/2}$ = 3,8 суток) значительно выше, чем стронция-90 ($T_{1/2}$ = 28 лет) или плутония-239 ($T_{1/2}$ = 25 тыс. лет).

Радионуклиды обычно находятся в смеси с нерадиоактивными веществами в количествах, не поддающихся весовому определению. Поэтому мерой количества радиоактивного вещества служит не масса, а активность.

Активность – число ядерных превращений (распадов ядра) в единицу времени. Активность – это мера количества радиоактивного вещества, которая выражается числом радиоактивных превращений (распадов ядер) в единицу времени. Так как скорость распада радиоактивных изотопов различна, то одинаковые по массе радионуклиды имеют различную активность. Чем больше ядер распадается в единицу времени, тем выше активность. Активность измеряется обычно в распадах в секунду. В системе СИ за единицу активности принят беккерель. *Беккерель (Бк)* – это один распад ядра в секунду. Так как это очень маленькая физическая величина, то на практике чаще используется более крупная внесистемная единица – *Кюри (Ки)*. Кюри соответствует активности 1г радия:

$$1\ Ku = 3{,}7 \cdot 10^{10}\ Бк.$$

Масса радионуклида и его активность связаны соотношением:

$$m = \frac{A \cdot M \cdot T\frac{1}{2}}{4{,}17 \cdot 10^{23}} \qquad (2)$$

где m – масса радионуклида, г;
A – активность, Бк;
M – атомная масса;
$T_{1/2}$ – период полураспада, с.

На практике различают следующие виды активности радионуклида: поверхностная, объемная и удельная.

Поверхностная активность – активность источника радиоактивного излучения на единице площади. Этот показатель применяется для характеристики степени загрязнения местности и выражается в $Бк/м^2$, $Ки/м^2$. Для характеристики загрязнения местности в случае радиационных аварий

как правило используется более крупная внесистемная единица – Ки/км^2:

$$1 \text{ Ки/км}^2 = 37 \text{ кБк/м}^2 = 3{,}7 \cdot 10^4 \text{ Бк/м}^2.$$

При активности от 1 Ки/км^2 до 2 Ки/км^2 местность считается незагрязненной, и возможно проживание населения. При активности более 2 Ки/км^2 территория непригодна для проживания, и население подлежит переселению.

Объемная активность – активность источника ионизирующего излучения в единице объема – определяет степень загрязнения воздуха, жидкости. Системные единицы измерения – Бк/м^3, Бк/л, внесистемные – Ku/м^3, Ku/л.

Удельная активность – активность источника ионизирующего излучения в единице массы вещества – применяется для характеристики степени загрязнения твердых материалов. Системная единица измерения – Бк/кг.

Так как активность вещества не характеризует эффект биологического действия ионизирующего излучения на живой организм, то в физике и радиобиологии для оценки воздействия ионизирующего излучения на любые вещества и живые организмы применяется величина – доза излучения. *Доза ионизирующего излучения* – количество энергии, поглощенной единицей массы облучаемого объекта.

2.4 Единицы измерения ионизирующих излучений

Результат воздействия ионизирующего излучения на облучаемые объекты определяется количеством поглощенной энергии. Повреждений, вызванных в живом организме излучением, будет тем больше, чем больше энергии оно передаст тканям в пересчете на единицу массы облучаемого объекта. Эта величина называется *поглощенной дозой* (Д):

$$\text{Д} = \frac{d\bar{E}}{dm}, \tag{3}$$

где $d\bar{E}$ – средняя энергия, переданная *ионизирующим излучением* веществу, находящемуся в элементарном объеме;

dm – масса вещества в элементарном объеме.

Поглощенная доза является основной дозиметрической величиной. В системе СИ за единицу поглощенной дозы принят *грей* (Гр): 1 Гр = 1 Дж/кг. Внесистемной единицей, которую часто используют на практике, является *рад* (радиоактивная адсорбированная доза):

$$1 \text{ рад} = 0{,}01 \text{ Гр} = 100 \text{ эрг/г}.$$

Мощность поглощенной дозы – это поглощенная доза, отнесенная к единице времени, которая измеряется в Гр/с, Гр/ч, рад/с, рад/ч.

Дозу излучения можно характеризовать по эффекту ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении, выражаемая энергией гамма- или рентгеновского излучения в пересчете на единицу массы воздуха. Эта величина называется *экспозиционной дозой* (X):

$$X = \frac{dQ}{dm}, \tag{4}$$

где dQ – энергия, переданная фотонным излучением элементарному объему воздуха;

dm – масса воздуха в элементарном объеме.

Так как поглощенная энергия гамма- или рентгеновского излучения расходуется на ионизацию среды, то для измерения ее необходимо подсчитать число пар ионов, образующихся под действием излучения. Однако измерить число пар ионов непосредственно в глубине тканей живого организма сложно. В связи с этим для количественной характеристики рентгеновского и гамма-излучения, действующего на объект, определяют сначала экспозиционную дозу в воздухе, а затем расчетным путем определяют поглощенную дозу для тканей и органов организма. Экспозиционная доза рассчитывается только для рентгеновского и гамма-излучения, ибо только кванты этих излучений обладают большой проникающей способностью и могут создавать равномерное наружное облучение. Альфа- и бета-излучения обладают малой проникающей способностью, большая их часть поглощается одеждой и кожей и не представляет большой опасности для внутренних органов.

Экспозиционная доза в системе СИ измеряется в кулон/кг (Кл/кг). Кл/кг – это такая экспозиционная доза рентгеновских и гамма-лучей, под действием которой в 1 кг сухого воздуха образуется число пар ионов, суммарный заряд каждого знака которых равен одному кулону. Это число составляет $6{,}24\times10^{18}$ пар ионов.

Также применяется внесистемная единица – рентген (Р) ($1\text{Р} = 2{,}58\cdot10^{-4}$ Кл/кг; 1 Кл/кг = 3876 Р). Рентген (Р) – единица экспозиционной дозы, при которой в 1 $см^3$ воздуха (0,001293 г) при нормальных условиях (0^0 С и 10^5 Па) образуется $2{,}082\times10^9$ пар ионов. Энергетический эквивалент рентгена для воздуха составляет примерно 88 эрг/г. Поэтому поглощенная доза излучения, равная 1 раду, будет равна 1,14 рентгена. Еще меньше отличается это соотношение для биологической ткани человека (около 1,04 Р). В дозиметрии величиной 0,04 пренебрегают и считают, что 1 рад = 1Р.

При определении действия радиации на какую-либо среду (особенно при облучении живого организма) необходимо учитывать не только общую дозу, но и время, за которое она получена. Поэтому вводится понятие мощности дозы. Мощность экспозиционной дозы, или уровень радиации, –

это экспозиционная доза, отнесенная к единице времени, которая выражается в Р/ч (мР/ч, мкР/ч).

Поскольку на образование одной пары ионов в воздухе в среднем затрачивается 34 эВ, то энергетический эквивалент рентгена в 1 $см^3$ воздуха составляет [2]:

$$2{,}08 \text{ x } 10^9 \text{ x } 34 = 7{,}08 \text{ x } 10^4 \text{ МэВ} = 0{,}114 \text{ эрг/см}^3,$$

или в 1 г воздуха – 88 эрг, (0,114:0,001293 = 88).

Чтобы рассчитать поглощенную дозу в тканях организма, сначала определяют поглощенную дозу в воздухе, а затем, используя переходный коэффициент, переходят к поглощенной дозе в тканях.

Так, например, зная, что на образование 1 пары в воздухе затрачивается 34 эВ энергии (1 эВ = 1,6 × 10^{-19} Дж), можно рассчитать, что при экспозиционной дозе в воздухе в 1 Кл/кг на ионизацию 1 кг воздуха (образование 6,24 × 10^{18} пар ионов) затрачивается 34 Дж:

$$6{,}24 \text{ x } 10^{18} \text{ x } 34 \text{ x } 1{,}6 \text{ x } 10^{-19} = 33{,}94 \text{ Дж/кг},$$

т.е. при экспозиционной дозе в 1 Кл/кг поглощенная доза в воздухе составит 34 Дж/кг.

От поглощенной дозы в воздухе к поглощенной дозе в биологической ткани переходят с использованием множителя 1,09, т.е. при облучении организма экспозиционной дозой в 1 Кл/кг ткани организма поглощают 37 Дж/кг энергии ионизирующих излучений (34 Дж/кг × 1,09 = 37 Дж/кг).

При воздействии на ткани организма человека излучений от бета-, альфа-частиц и нейтронов возникают биологические эффекты, которые не учитывают поглощенная и экспозиционная дозы. При одной и той же поглощенной дозе альфа, бета и гамма-излучения оказывают неодинаковое поражающее действие. Чтобы учесть эту особенность, применяется эквивалентная доза. При ее помощи оцениваются вредные эффекты биологического воздействия любого типа ионизирующих излучений.

Эквивалентная доза (*Н*) – это произведение поглощенной дозы (*Д*) излучения в биологической ткани (*Т*) на соответствующий взвешивающий коэффициент качества W_R данного вида излучения (таблица 1 [1]).

$$H_{T.R.} = W_R \cdot Д_{T.R.} \qquad (5)$$

В системе СИ эквивалентная доза измеряется в *зивертах* (Зв) (1 Зв = Дж/кг). Внесистемной единицей служит биологический эквивалент рентгена *(бэр)*. Бэр – это поглощенная доза любого вида ионизирующего излучения, которая имеет такую же биологическую эффективность, как и поглощенная доза рентгеновского излучения в один рад:

$$1\ \text{Зв} = 1\text{Гр} \cdot W_R = 100\ \text{рад} \cdot W_R = 100\ \text{бэр}.$$

Таблица 1 – Взвешивающие коэффициенты для отдельных видов излучений

Вид излучения	Взвешивающий коэффициент W_R
Рентгеновские и гамма-излучения	1
Электроны, позитроны, бета-частицы	1
Протоны	10
Нейтроны тепловые	3
Нейтроны быстрые	10
Альфа-частицы	20

Эквивалентная доза ионизирующего излучения является основной величиной, определяющей уровень радиационной опасности при хроническом облучении человека в малых дозах.

Мощность эквивалентной дозы – это эквивалентная доза, отнесенная к единице времени, которая измеряется в Зв/с, Зв/ч, бэр/с, бэр/ч.

Эквивалентная доза рассчитывается для «усредненной» биологической ткани человеческого тела. В случаях неравномерного облучения различных органов и тканей тела человека, а также при необходимости лучевой терапии опухолей, когда не требуется облучать все тело целиком, приходится определять дозы и для отдельных органов. Как известно, органы и биологические ткани имеют разную радиочувствительность по отношению к ионизирующим излучениям. Сильнее всего поражается красный костный мозг, половые железы, меньше – нервная ткань. Учет радиочувствительности производят с помощью коэффициентов радиационного риска (взвешивающего коэффициента), которые позволяют провести сопоставление последствий неравномерного облучения отдельных органов с такими же последствиями как при равномерном облучении всего тела. В случаях неравномерного облучения разных органов или тканей тела человека вводится понятие эффективной эквивалентной дозы, которая позволяет определить меру риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов, имеющих различную радиочувствительность.

Э*ффективная эквивалентная доза* ($H_{\text{эф}}$) – это сумма произведений эквивалентной дозы в органе или ткани (Т) на соответствующий взвешивающий коэффициент (W_T) для данного органа или ткани (таблица 2, [2]):

$$H_{\text{эф}} = \sum_T H_{tT} \cdot W_T, \qquad (6)$$

где H_{tT} – эквивалентная доза в органе или ткани T за время t.

Таблица 2 – Значения коэффициента W_T

Органы, ткани организма	W_T	Органы, ткани организма	W_T
Гонады	0,20	Печень	0,05
Костный мозг	0,12	Пищевод	0,05
Толстый кишечник	0,12	Щитовидная железа	0,05
Легкие	0,12	Кожа	0,01
Желудок	0,12	Клетки костных поверхностей	0,01
Мочевой пузырь	0,05	Остальное	0,05
Грудная клетка	0,05		

Организм в целом 1,00.

Эффективная эквивалентная доза измеряется в зивертах и бэрах, а ее мощность – в Зв/с, Зв/ч, бэр/с, бэр/ч.

Пример [2]. *Коэффициент W_T для щитовидной железы составляет 0,05. Щитовидная железа получила эквивалентную дозу облучения в 100 мЗв. При пересчете дозы в эффективную эквивалентную дозу на все тело получим:*

$$100 \cdot 0{,}05 = 5 \text{ мЗв}.$$

Для упрощенной оценки информации по однотипным ионизирующим излучениям можно использовать следующие соотношения.

Поверхностная активность источника излучения плотностью 1 Ku/км^2 эквивалентна мощности экспозиционной дозы 10 Р/ч или 1 Р/ч соответствует загрязнению плотностью в 10 мкKu/см^2.

Приближенно: 1 Гр = 100 бэр = 100 рад = 1 Зв. 1 мкР/ч = 0,01 мкЗв/ч; 1 мкЗв/ч = 100 мкР/ч.

Пример: Если радиационный фон в городе от гамма-излучения составляет 20 мкР/ч, то за один час житель города может получить эквивалентную дозу в 0,20 мкЗв, за неделю (168 час) – 33,6 мкЗв, 93360 мкбэр), за год (8760 час) – 1750 мкЗв (1,75 мЗв).

2.5 Особенности воздействия радиации на человека

Энергия, излучаемая радиоактивными веществами, поглощается окружающей средой. Обладая огромной энергией, радиоактивные частицы при прохождении через любое вещество сталкиваются с атомами и молекулами этого вещества и приводят к их разрушению, ионизации, к образованию реакционноспособных частиц – осколков молекул: ионов и свободных радикалов.

Действие ионизирующего излучения на организм человека имеет свои особенности:

– высокая эффективность поглощенной энергии, в результате чего даже малые количества поглощенной энергии излучения могут вызвать глубокие биологические изменения в организме. Ни тепловая, ни электрическая энергия, поглощенная биологическим объектом в том же количестве, не приводят к таким изменениям, какие вызывает ионизирующее излучение. Например, смертельная доза ионизирующего излучения, которая для млекопитающих равна 5 Гр (500 рад), соответствует поглощенной энергии излучения 5 Дж/кг (5·104 эрг/г). Это тепловая энергия, заключенная в стакане горячего чая. Если подвести эту энергию в виде тепла к телу, то она нагрела бы тело едва ли на 0,001°С. Ионизирующее излучение, вызывая ионизацию и возбуждение атомов и молекул в биологическом теле, обусловливает специфику действия;

– наличие скрытого или инкубационного периода проявления действия ионизирующего излучения, продолжительность которого сокращается при облучении в больших дозах;

– действие малых доз суммируется (кумуляция);

– воздействие излучения не только на данный живой организм, но и на его потомство (генетический эффект);

– разная чувствительность к облучению различных органов живого организма: например, при ежедневном воздействии на тело дозы 0,002–0,005 Гр приводит к изменению в крови;

– степень воздействия облучения зависит от частоты: одноразовое облучение в большой дозе вызывает более глубокие последствия, чем многократные, в сумме составляющие ту же дозу.

В результате воздействия излучения на организм человека в тканях происходят сложные физические, химические и биохимические процессы. Изменения в живой ткани, в зависимости от величины поглощенной дозы излучения и от индивидуальных возможностей организма, могут быть обратимыми и необратимыми. При небольших дозах пораженная ткань восстанавливает свою функциональную деятельность. Большие дозы при длительном воздействии могут вызвать необратимые поражения отдельных органов или всего организма.

Известно, что ткани человека на две трети состоят из воды и углерода. Вода под воздействием излучения расщепляется на водород Н и гидроксильную группу ОН, которые либо непосредственно, либо через цепь вторичных превращений образуют продукты с высокой химической активностью: гидратный оксид HO_2 и перекись водорода H_2O_2. Эти соединения взаимодействуют с молекулами органического вещества ткани (белками, ферментами и т.п.), окисляя и разрушая их. В результате нарушаются обменные процессы, подавляется активность ферментных систем, замедляется и прекращается рост тканей, возникают новые химические соединения – токсины, не свойственные организму. Это приводит к нарушению жизнедеятельности отдельных функций или систем и организма

в целом. Таким образом, результат биологического действия радиации на живой организм проявляется поэтапно в следующей последовательности:

– поглощение энергии излучения клетками и тканями организма;

– образование свободных радикалов и окислителей;

– нарушение биохимических процессов;

– нарушение физиологических процессов.

Индуцированные свободными радикалами химические реакции развиваются с большим выходом и вовлекают в этот процесс многие сотни и тысячи молекул, не затронутых излучением. В этом состоит специфика действия ионизирующего излучения на биологические объекты, заключающаяся в том, что производимый им эффект обусловлен не столько количеством поглощенной энергии облучаемым объектом, сколько той формой, в которой эта энергия передается.

Любой вид ионизирующего излучения вызывает биологические изменения в организме как при внешнем, так и при внутреннем облучениях. Общий результат действия ионизирующих излучений на отдельного человека, а также на последующие поколения людей показан на рисунке 5 [3].

*Примечания.*1. Соматические эффекты – патологические нарушения, возникающие в организме облученного при превышении определенного дозового порога. 2. Соматическо-стохастические эффекты – патологические нарушения, возникающие в организме облученного, не имеют дозового предела и носят вероятностный характер. 3. Генетические эффекты – патологические нарушения, возникающие в зародышевых клетках облученного, не имеют дозового предела и носят вероятностный характер.

Рисунок 5 – Классификация возможных последствий облучения

Облучение организма различают как *острое* и *пролонгированное*, *однократное* и *многократное*. Под острым понимают кратковременное облучение при высокой мощности дозы (0,1 Гр/мин и выше). Под пролонгированным – облучение при низкой мощности дозы (доли Гр/ч и ниже). Как острое, так и пролонгированное облучения могут быть однократными и многократными (дробными). За однократное облучение принимают облучение, полученное в течение 1–4 суток (независимо от кратности полученных доз). Кроме того, известно хроническое облучение, которое рассматривают как разновидность многократного облучения, но происходящего очень длительно и в малых дозах.

Основные возможные последствия воздействия ионизирующих излучений на человека представлены в таблице 3 [4].

Таблица 3 – Основные возможные последствия воздействия ионизирующих излучений на человека

Условия облучения	Доза, мощность дозы	Последствия
Однократное острое, пролонгированное, дробное, хроническое	Любая доза выше нуля	Увеличение риска отдаленных стохастических последствий – рака и генетических нарушений
Хроническое – в течение ряда лет	0,1 Зв (10 бэр) в год и более	Снижение устойчивости организма, которое не выявляется у отдельных лиц, но может регистрироваться при эпидемиологических исследованиях.
	0,5 Зв (50 бэр) в год и более	Хроническая лучевая болезнь, снижение иммунореактивности, катаракта (при дозе 30 бэр в год)
Острое однократное	1 Зв (100 бэр) в год и более	Острая лучевая болезнь различной степени тяжести
	4,5 Зв (450 бэр) в год и более	Острая лучевая болезнь со смертельным исходом у 50% облученных
Различные виды облучения	1 Зв (100 бэр) и более	Стохастические эффекты, возрастание которых может быть выявлено при эпидемиологических исследованиях
Пролонгированное в течение 1–2 месяцев на щитовидную железу от йода 131	10 Зв (1000 бэр) и более	Гипофункция щитовидной железы. Возрастание риска возникновения злокачественных опухолей щитовидной железы

По данным некоторых исследований [5], ориентировочные показатели радиационной безопасности людей, в зависимости от полученной дозы, могут составить:

– квартальная доза – 30 мЗв (3 бэр; 3,4 Р);

– годовая – 50 мЗв (5 бэр; 5,7 Р);

– аварийная – 100 мЗв (10 бэр; 11,4 Р);
– катастрофическая – 250 мЗв (25 бэр; 28,4 Р);
– критическая – 1 Зв (100 бэр; 113,6 Р);
– полулетальная – 4 Зв (400 бэр; 454,5Р);
– летальная – 7 Зв (700 бэр; 795,4 Р).

Биологический эффект ионизирующего излучения зависит от суммарной дозы и времени воздействия излучения, вида излучения, размеров облученной поверхности и индивидуальных особенностей человека.

Кроме того, последствия воздействия радиации на человека определяются рядом других факторов: наследственности, образа и качества жизни (социально-экономического благополучия, доступности и качества медицинского обслуживания, наличия вредных привычек и т. п.), состоянием среды обитания.

Роль каждого из этих факторов в развитии заболеваний может быть различной. Так, по мнению экспертов ВОЗ, до 23% всех заболеваний и 25% случаев рака обусловлены воздействием факторов окружающей среды. Проводившиеся исследования населения Брянской области [6], территория которой наиболее пострадала от Чернобыльской катастрофы, выявили, что заболеваемость злокачественными новообразованиями превышает средние российские показатели у мужчин на 17,6%, у женщин – на 12,8% с преобладанием рака желудка, легких, щитовидной железы.

Степень опасности поражения зависит также и от скорости выведения радиоактивных веществ из организма. Если радионуклиды, попавшие внутрь организма, однотипны с элементами, которые потребляются человеком с пищей (натрий, калий, хлор и др.), то они не задерживаются на длительное время в организме, а выделяются вместе с ними. Инертные радиоактивные газы (аргон, ксенон, криптон и др.), попавшие через легкие в кровь, не являются соединениями, входящими в состав ткани. Поэтому они со временем полностью удаляются из организма.

Некоторые радиоактивные вещества, попадая в организм, распределяются в нем более или менее равномерно (рутений, ниобий и др.), другие концентрируются в отдельных внутренних органах: в печени – торий, лантан, актиний; в костных тканях отлагаются источники альфа-излучения – стронций, радий, уран, плутоний; бета-излучения – стронций и иттрий; гамма-излучения – цирконий. Эти элементы, химически связанные с костной тканью, очень трудно выводятся из организма. Продолжительное время удерживаются также элементы с большим атомным номером (полоний, уран и др.). Элементы, образующие легкорастворимые соли и накапливаемые в мягких тканях, легко удаляются из организма.

По данным исследований [1], облученный организм ежедневно восстанавливается после лучевого поражения на 1,5–3%, в течение одного *месяца* – на 50%, в течение *двух месяцев* – на 85%. Необратимая часть лучевого поражения составляет в среднем 15% от полученной дозы.

Следует отметить, что организм беззащитен в поле излучения. Однако можно уменьшить степень воздействия радиации путем приема *антиоксидантов* – биохимических веществ, входящих в препараты и продукты питания. Антиоксиданты помогают организму обезвреживать свободные радикалы до того, как они успеют разрушить живую клетку. Организм человека сам производит антиоксиданты, но только в ограниченном количестве. Для создания собственных антиоксидантов организм нуждается в достаточном количестве цинка, меди и марганца, которых в продуктах питания сравнительно мало. Содержание этих веществ в организме человека можно повысить за счет употребления биологически активных добавок (селен, иммуномакс и др.), состав которых должен подбираться специалистами. Большинство естественных антиоксидантов содержатся в продуктах питания и, попадая в организм, защищают клетки от разрушения. Среди них наибольшей активностью обладают бета-каротин (витамин А), витамин С, витамин Е и селен.

Например, известно, что йод накапливается в щитовидной железе. Йод составляет основу гормонов щитовидной железы. Гормоны щитовидной железы выполняют жизненно важные функции: влияют на углеводный, белковый и жировой обмен, на рост и психическое развитие. Недостаток этого микроэлемента может вызвать негативные последствия. Причиной 65% случаев заболеваний щитовидной железы у взрослых людей и 95% у детей является недостаточное поступление йода в питание.

Как правило, в случае аварии на объектах ядерной энергетики, в зоне аварии в первую очередь обнаруживается повышенное содержание радиоактивного йода и цезия. Если в атмосфере повышается уровень радиоактивного йода, то незанятое место обычного йода в организме захватывается радиоактивным йодом. Поэтому, если есть опасность попадания в организм радиоактивного йода-131, то заблаговременно вводят йодистый калий или стабильный йод. Накапливаясь в щитовидной железе, эти нерадиоактивные разновидности йода препятствуют отложению в ней йода-131.

При дефиците стабильных изотопов йода, кальция, калия и других элементов в организме накапливаются радиоактивные изотопы – их «двойники» или антагонисты жизненно важных химических элементов. Так, при недостаточном поступлении кальция организм поглощает из окружающей среды повышенное количество стронция и других химических элементов, похожих по структуре на кальций, например, свинец. Для защиты от стронция-137, проникающего в костную ткань, рекомендуется употреблять продукты, содержащие кальций (фасоль, гречка, капуста, молоко).

Очевидна и обратная зависимость, получая достаточное для жизнедеятельности количество калия, человек будет меньше усваивать радиоактивный цезий-137 – «двойник» антагониста калия. Человек, подвергшийся воздействию радиации, страдает от дефицита важнейших микроэлементов – калия, магния, йода и др. *Природные источники калия* –

молочные продукты, мясо, какао, бобовые, картофель, томаты, абрикосы, курага, изюм, чернослив, черный хлеб, бананы. *Природные источники йода*: морская капуста (ламинария), рыбий жир, морская рыба, черноплодная рябина, хурма, орехи, крыжовник. Рекомендуемые суточные нормы потребления йода: 90 мкг – для детей до 6 лет; 120 – для детей от 7 до 12 лет; 150 – для взрослых людей; 200 – для подростков, беременных и кормящих женщин.

Таким образом, использование в рационе питания разнообразных богатых антиоксидантами продуктов позволяет снизить риск поглощения организмом человека радиоактивных элементов. В заключение можно отметить, что лучшую поддержку организму и более интенсивному выведению радионуклидов из него способствует, прежде всего, здоровый образ жизни: разнообразное качественное питание, обогащенное витаминами, занятия физической культурой, баня (сауна), отказ от табакокурения и чрезмерного употребления алкоголя.

Глава 3. Основные источники ионизирующих излучений

Все источники ионизирующих излучений делятся на природные (естественные) и техногенные (искусственные), от которых человек получает облучение в процессе жизни.

К естественным источникам относятся земная и космическая радиация, которая создает природный радиационный фон, составляющий для человека за год дозу около 1,4 мЗв (0,14 бэр).

К источникам техногенного характера относятся: радиоактивные осадки от испытаний ядерного оружия, последствия радиационных аварий и выбросы предприятий ядерно-топливного комплекса; медицинская аппаратура для обследования и радиотерапии. Среднегодовая доза техногенных излучений составляет около 0,9 мЗв (0,09 бэр).

В целом, среднее значение суммарной годовой дозы излучения естественных и техногенных источников составляет 2-3 мЗв (0,2-0,3 бэр). Это естественный радиационный фон. По рекомендации МКРЗ и ВОЗ уровень радиации (радиационный фон) считается нормальным – 10-20 мкР/ч, допустимым – 20-60 мкР/ч, повышенным – 60-120 мкР/ч.

3. 1 Природная радиация

3.1.1 Космическое излучение

Космическое излучение – это излучение галактик, радиационные пояса Земли и солнечное, зависящее от вспышек на солнце. Космическое излучение играет существенную роль за пределами атмосферы, а на Землю попадает вторичное излучение, которое образуется в результате взаимодействия первичного космического излучения с атмосферой Земли и участвует во внешнем облучении человека.

Большая часть первичного космического излучения возникает в пределах нашей Галактики, энергия их чрезвычайно высокая – до 1019 эВ. Солнечное излучение возникает в основном при вспышках на Солнце, которые происходят с характерным 11-летним циклом. Энергия их не превышает 40 МэВ. Оно не приводит к заметному увеличению дозы излучения на поверхности Земли. Средняя энергия космических лучей 10^{10} эВ, поэтому они губительны для всего живого. Атмосфера служит своеобразным щитом, предохраняющим биологические объекты от воздействия космических частиц, поэтому лишь немногие частицы достигают поверхности Земли.

При взаимодействии космических частиц с атомами элементов, находящихся в атмосфере, возникает вторичное космическое излучение. Оно состоит из мезонов, электронов, позитронов, протонов, нейтронов, гамма-квантов, т.е. из практически всех известных в настоящее время частиц.

Первичные космические лучи, врываясь в атмосферу, постепенно теряют свою энергию, растрачивая ее на многочисленные столкновения с ядрами атомов воздуха. Получаемые осколки, приобретая часть энергии первичной частицы, сами становятся факторами ионизации, разрушают и ионизируют другие атомы газов воздуха, т.е. превращаются в частицы вторичного космического излучения.

Интенсивность космического облучения зависит от солнечной активности, географического расположения объекта и возрастает с высотой над уровнем моря, таблица 4, [3].

Таблица 4 – Мощность поглощённой и эквивалентной дозы космического излучения в зависимости от высоты

Мощность дозы облучения	Высота, км									
	0 *	4	6	8	10	12	14	16	18	20
поглощенной, мкГр/ч	0,032	0,14	0,33	0,84	1,75	3,01	4,62	5,92	7,09	8,72
эквивалентной, мкЗв/ч	0,035	0,20	0,51	1,35	2,88	4,93	7,56	9,70	11,64	12,75

*0 – уровень моря.

Галактическая радиация, поступающая из межзвездного пространства, задерживается в магнитных слоях вокруг Земли (радиационных поясах Земли). Вокруг Земли есть области (слои), в которых магнитное поле задерживает огромное количество заряженных частиц и заставляет их двигаться взад и вперед от полюса к полюсу в разных направлениях по замкнутым траекториям. Это так называемые радиационные пояса, или пояса Ван-Аллена. Различают два пояса: внешний и внутренний. Внутренний имеет

максимальную плотность частиц (преимущественно протонов) над экватором на высоте около 3500 км, внешний слой – электронный – на высоте около 22000 км. Галактическая радиация и радиационные пояса Земли являются источниками опасности при космических полетах, а для живущих на Земле неопасны.

В среднем эффективная эквивалентная доза внешнего облучения составляет примерно 300 мкЗв/год [3]. Эта доза составляет примерно 17% суммарной дозы, получаемой людьми от всех естественных источников радиации.

3.1.2 Земная радиация

Земная радиация представляет собой совокупность излучения радионуклидов, содержащихся в горных породах, почве, воде, воздухе – это более 60 естественных радионуклидов, находящихся в биосфере Земли. Они подразделяются на две категории: первичные и космогенные. Наибольшее их содержание – в гранитных породах и вулканических образованиях.

В первичную категорию входят 32 радионуклида – продукты распада урана и тория и 11 долгоживущих радионуклидов (^{40}K, ^{87}Rb и др.), имеющих период полураспада от 10^7 до 10^{15} лет. Космогенные радионуклиды образуются в атмосфере в результате взаимодействия протонов и нейтронов с ядрами N, O и Ar, а затем поступают на земную поверхность с атмосферными осадками. К ним относятся ^{3}H, ^{14}C, ^{7}Be, ^{22}Na и др. (всего 14 радионуклидов). Естественные радионуклиды делятся на четыре группы:

– долгоживущие (уран-238, уран-235, торий-232);

– короткоживущие (радий, радон);

– долгоживущие одиночные (не образующие семейств) – калий-40;

– радионуклиды, возникающие в результате взаимодействия космических частиц с атомными ядрами вещества Земли (углерод-14).

Уровни земной радиации неодинаковы и зависят от концентрации радионуклидов в том или ином месте. По данным исследований [3] примерно 95% населения планеты проживает в местах, где мощность дозы облучения составляет от 0,3 до 0,6 мЗв в год.

Мощность эквивалентной дозы от естественных (природных) источников для Казахстана колеблется в широких пределах и зависит от степени радиации природных образований, составляющих территорию республики (таблица 5, [3]).

Таблица 5 – Мощность эквивалентной дозы на территории Казахстана, мкЗв/ч

Космическое излучение	На акваториях Каспия, Арала, Балхаша	Территория мощных осадочных образований	Территория магматических пород и рыхлых отложений (центр, предгорные районы и др.)	Районы гранитных массивов
0,03…0,08	0,06…0,08	0,1…0,18	0,18…0,22	0,5…0,6

Внутреннее облучение человека создается радионуклидами, попадающими с воздухом, пищей и водой внутрь организма. Из них наиболее высокий вклад в эффективную эквивалентную дозу дают калий-40, углерод-14, полоний-210 ($T_{1/2}$ = 138,4 сут.), радий-226, рубидий-87 ($T_{1/2} = 4{,}8 \cdot 10^{10}$ лет), а также радон-222 ($T_{1/2}$= 3,823 сут.) и радон-220 ($T_{1/2}$ = 55 с).

В таблице 6 приведены значения годовой эффективной дозы облучения населения от различных источников естественного излучения, проживающих в районах с нормальным радиационным фоном [3].

Таблица 6 – Значения годовой эффективной дозы облучения от природных источников, мЗв/год

Источник излучения	Внешнее облучение	Внутреннее облучение	Суммарная доза
Природные радионуклиды: первичные + радон	0,35	(0,35 + 0,97) = = 1,32	1,67
Космогенные	–	0,015	0,015
Космическое излучение	0,3	–	0,3
В с е г о :	**0,65**	**1,34**	**1,99**

Как видно из таблицы 6, эффективная доза внутреннего облучения вдвое больше дозы внешнего облучения. При этом около 75% эффективной эквивалентной дозы внутреннего облучения создают короткоживущие продукты распада газа радона. Вклад космического излучения в эффективную дозу облучения заметно меньше, чем от излучения Земли.

Таким образом, эффективная средняя доза для лиц, проживающих в районах с нормальным природным радиационным фоном, составляет около 2 мЗв в год. Для детей в возрасте до 10 лет эта доза несколько больше, в основном из-за ингаляции продуктов распада радона, и составляет 3 мЗв в год.

Самыми распространенными и опасными являются радионуклиды урано-радиевого семейства: радий, радон и продукты распада, радиоактивный свинец и полоний. Наибольший вклад в облучение человека вносит радон – в среднем 55% годовой индивидуальной эффективной эквивалентной дозы.

Радон – тяжелый газ без вкуса и запаха. В природе встречается в двух основных формах: радон-222 (продукт распада урана-238) и радон-220 (продукт распада тория-132). Период его полураспада – 3,8 суток. Радон является излучателем альфа-частиц, представляющих опасность при внутреннем облучении. Вдыхая в помещении обогащенный радоном воздух, человек облучает органы дыхания, особенно легкие. Содержание радона в легких на 20–40% больше, чем в других органах. Основную часть дозы облучения люди получают, находясь в закрытом, непроветриваемом помещении, где повышена его концентрация. По данным медицинских

источников, среди причин возникновения рака легких радон занимает второе место после курения.

Опасен не сам радон, а продукты его распада: полоний-218, висмут-214, свинец-214. Газ радон выделяется из почв, содержащих уран и торий, и накапливается в подвальных помещениях (если не была предусмотрена достаточная изоляция), а затем поднимается по первому и второму этажам зданий. Кроме того, он может выделяться из строительных материалов, которые использовались при строительстве зданий, – пемзы, некоторых марок бетона, глинозема, литоидного туфа и др.

Вода, используемая для бытовых и пищевых целей, обычно содержит мало радона, однако глубоко залегающие водяные пласты могут иметь повышенную его концентрацию, поэтому вода из артезианских скважин должна подвергаться санитарному контролю. Высокое содержание радона образуется в ванных комнатах, где радон, испаряясь из горячей воды, попадает в организм человека.

Концентрация радона в помещениях зданий создается за счет поступления газа из следующих источников [7]:

– почвы под зданием – 70%;
– наружного воздуха – 13%;
– строительных материалов – 7%;
– воды – 5%;
– природного газа в доме – 4%;
– других источников – 1%.

При плохой естественной и искусственной вентиляции жилых, общественных и производственных зданий концентрация радона может увеличиваться до 740 Бк/м3 и более. Человек, находящийся в таких помещениях, подвергается значительному облучению. Концентрация радона на верхних этажах зданий обычно ниже, чем на первом этаже. Избавиться от избытка радона можно проветриванием помещений.

3.2. Техногенные источники ионизирующих излучений

3.2.1 Применение радионуклидов в медицине, промышленности и сельском хозяйстве

Радионуклиды широко применяются в медицине. Их применение позволяет диагностировать состояние отдельных органов – печени, легких, щитовидной железы и т.д. (^{32}P, ^{57}Ce, ^{131}J, ^{133}Xe и др.). Широко они применяются для диагностики и лечения опухолей. С этой целью в организм вводят ^{131}J. Обмен веществ в опухоли происходит быстрей, чем в здоровых тканях, поэтому радиоизотоп йода быстрее накапливается в опухоли. Исследуя излучения над разными участками тела, находят месторасположения опухоли. Особую роль играет радиационная стерилизация инструментов, одноразовых шприцев, ваты, бинтов и т.д. Медицинская аппаратура, использующая радиоизотопы для диагностики и лечения заболеваний, дает до половины от всех техногенных излучений. Вместе с тем они вносят

относительно небольшой вклад в дозу облучения людей – около 15%. Среднемировое значение индивидуальной эквивалентной дозы облучения вследствие медицинских процедур составляет 400 мкЗв/год. Эта величина доходила для некоторых стран до 1500 мкЗв/год (например, бывший СССР). Однако их доля постоянно снижается за счет применения более современной диагностической аппаратуры. Например, цифровые рентгенографы и флюорографы позволяют снизить дозу облучения в несколько раз по сравнению с пленочными аппаратами.

Радиоактивные изотопы широко применяются в промышленности. Например, контроль износа поршневых колец в двигателях внутреннего сгорания осуществляют, облучая кольцо нейтронами, в результате чего оно становится радиоактивным. При работе двигателя частицы материала кольца попадают в смазочное масло. Исследуя уровень радиоактивности масла за определенное время работы двигателя, находят износ кольца. С помощью радиоактивной дефектоскопии устанавливают наличие, место нахождения, форму и размеры внутренних дефектов в материалах и изделиях и т.д.

Нашли применение радионуклиды и в сельском хозяйстве. Облучение семян повышает их всхожесть и урожайность. Применяют излучения и для дезинсекции зерна, консервации сельхозпродуктов. Радиоактивные вещества (их излучения) применяются также в археологии, геологии, геохимии и в других отраслях.

3.2.2 Последствия испытаний ядерного оружия

Начало испытаний ядерного оружия открыли США в 1945 году. Наибольший пик испытаний и выхода радиоактивных продуктов в атмосферу приходится на 1954–1958 и 1961–1962 года. Всего за этот период в атмосфере было произведено следующее количество взрывов: США – 193 (45,6%), СССР – 142 (33,6%), Франция – 45 (10,6%), Китай – 22 (5,2%), Англия – 21 (5%) [3]. Это привело к глобальному повышению облучения населения Земли.

Со второй половины XX века на планете проведены тысячи экспериментов, связанных с испытаниями ядерного и термоядерного оружия [7]: в США – 1032, в СССР – 715 (из них 500 на Семипалатинском полигоне). Кроме США и СССР ядерные взрывы производили Великобритания, Китай, Франция, Индия, Пакистан, КНДР. С 1963 г. были запрещены испытания ядерного оружия в атмосфере. Однако Франция и Китай продолжали их до 1981 года, и суммарная мощность этих испытаний составила 32,5 Мт [8].

Однако риск возникновения ядерных взрывов в мире в настоящее время постоянно присутствует, так как в ядерных державах находится большой арсенал ядерного оружия. Суммарная мощность ядерного оружия сегодня в США, России и других странах эквивалентна количеству тротила, которого на каждого жителя планеты приходится по 3,5 тонны [7].

Радиоактивные осадки содержат несколько сотен различных радионуклидов, однако большинство из них имеет ничтожную концентрацию или быстро распадается. При ядерных взрывах в окружающую среду

поступают радионуклиды деления, не разделившаяся часть ядерного заряда, нейтроны. Образуется также наведенная радиоактивность. Как правило, после атмосферного взрыва около 50% из образовавшихся активных продуктов выпадает в районе испытаний (в радиусе около 100 км) на земную или водную поверхность. Остальная часть уходит в тропосферу и стратосферу. В тропосфере активные частицы находятся примерно 30 суток, в течение которых они выпадают на землю. Большая часть радионуклидов попадает в стратосферу, где они остаются на многие месяцы и даже годы, медленно опускаясь и рассеиваясь по всей поверхности земного шара. Это приводит к изменению радиационного фона в различных точках земного шара, удаленных на десятки тысяч км от места взрыва.

Воздействие на человека радиоактивных осадков включает бета- и гамма-облучение за счет радионуклидов, присутствующих в приземном воздухе и выпавших на поверхность земли; за счет загрязнения радионуклидами кожных покровов и одежды; за счет внутреннего облучения от попавших в организм радионуклидов с вдыхаемым воздухом, пищей, водой. При ядерных взрывах образуется около 250 изотопов 35 элементов [2, 3]. К радиоактивным продуктам деления (РПД): относятся: ^{131}J, ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{140}Ba, ^{133}Xe и многие другие. Период полураспада РПД – от нескольких секунд до нескольких десятков лет. Большинство образующихся радионуклидов являются бета- и гамма-излучателями (^{131}J, ^{137}Cs, ^{140}Ba), остальные испускают или только бета-частицы (^{90}Sr, ^{135}Cs) или альфа-частицы (^{144}Nd, ^{147}Sm).

Несмотря на то, что радиоактивные осадки содержат большое количество различных радионуклидов, лишь небольшое их число из общей массы оказывает существенное влияние на загрязнение местности и облучение человека: цезий-137 ($T_{1/2}$ = 30,2 года), стронций-90 ($T_{1/2}$ = 28,6 года), цирконий-95 ($T_{1/2}$ = 64 сут), которые обладают способностью накапливаться в продуктах питания и таким образом проникать в организм человека. Имеют значение также долгоживущие радионуклиды, которые образуются в атмосфере при ядерном взрыве. К ним относятся углерод-14 ($T_{1/2}$ = 5 700 лет) и тритий-3 ($T_{1/2}$ = 12,3 года).

Главную роль до конца двадцатого века в облучении человека играли только радионуклиды цезия-137 и стронция-90. На сегодняшний день и в отдаленном будущем только углерод-14 сохраняет свои свойства как источник радиоактивного излучения, хотя и с низкой мощностью дозы (к 2000 г. он потерял лишь 7% своей активности) [8]).

Необходимо особо отметить состояние Республики Казахстан с точки зрения радиоактивного загрязнения. Как известно, в Казахстане существовало три ядерных полигона: в Семипалатинской, Атырауской областях (Азгир) и в Западном Казахстане (Капустин Яр). Здесь наблюдалась самая высокая частота ядерных взрывов в мире. Из более чем 2000 ядерных взрывов (атмосферных, подземных, подводных), проведенных во всем мире, на долю Казахстана пришлось 490 (в том числе 26 наземных, 90 атмосферных и 374 подземных) [9]. Только на полигоне Капустин Яр в период 1957–1962 г.

совершено 10 воздушных и высотных ядерных взрывов мощностью от 10 до 300 килотонн каждый (всего около 65 Хиросим) (см.: Казахстанская правда. 1997. 19 марта).

В результате только за 26 наземных ядерных взрывов в атмосферу республики было выброшено огромное количество радионуклидов с общей активностью в 45 млн Ки. При этом примерно 190 тыс. человек получили дозу облучения в 0,5 Зв (50 Бэр) и более [9]. В настоящее время в Республике Казахстан вследствие ядерных атмосферных взрывов наблюдается повышенный фон поверхностной активности стронция-90 и цезия-137 в виде локальных или шлейфовых полей.

Индивидуальные дозы, получаемые населением Земли от испытаний ядерного оружия за год, в среднем составляют [7]: при внешнем облучении – 0,37 мЗв (Цезий-137) и 0,31мЗв (короткоживущие радионуклиды); при внутреннем облучении – 1,9 мЗв (красный костный мозг), 0,99 мЗв (гонады). По некоторым оценкам суммарная ожидаемая коллективная эффективная эквивалентная доза от всех ядерных взрывов в атмосфере, произведенных к настоящему времени, составляет 30 000 000 чел-Зв [7]. Человечество уже получило примерно 20% этой дозы, остальную часть оно будет получать еще миллионы лет. В среднем эффективная эквивалентная доза облучения человека от последствий ядерных испытаний в настоящее время составляет 75...200 мкЗв/год [3].

3.2.3 Доза облучения от выбросов предприятий атомной энергетики

Ядерный топливный цикл, начинается с добычи и обогащения урановой руды, затем производится само ядерное топливо, а после отработки топлива на АЭС возможно вторичное его использование через извлечение из него урана и плутония. Схема ядерного топливного цикла приведена на рисунке 6.

При работе предприятий урановой промышленности возможно загрязнение окружающей среды радионуклидами на каждом из этапов производства: добыча, переработка, обогащение урана, приготовление ядерного топлива. Так, например, при получении 200 тонн урана (годовая потребность АЭС мощностью 1 ГВт), при его содержании в руде 0,2%, образуется 10^5 тонн отходов, которые накапливаются в хвостохранилищах [7]. На рудниках окружающая среда загрязняется радионуклидами семейства урана-235, в основном радоном и продуктами его распада, находящимися в вентиляционном воздухе. При регенерации ядерного топлива на радиохимических заводах в выбросах могут быть ^{3}H, ^{14}C, ^{137}Cs и др.

Сегодня в России эксплуатируются 10 АЭС, на которых работают 34 реактора [7]. Суммарная мощность всех энергоблоков составляет около 17% производимого в стране электричества. Для сравнения, на планете действуют 192 АЭС с 442 реакторами, из которых: в США –109, во Франции – 59, в Японии – 54, в Великобритании – 23, а также еще в 26 государствах – 197. Доля вырабатываемой на них энергии – 16% от общемировой выработки.

При работе ядерных реакторов, как и при ядерных взрывах, образуется большое количество радионуклидов (продукты деления ^{235}U, ^{234}Pu). Основная масса продуктов деления задерживается и остается непосредственно в топливной композиции. Радиоактивные отходы могут быть в виде газов, аэрозолей, жидкостей и в твердом виде. Для задержки газоаэрозольного выброса АЭС устанавливаются фильтры, используются камеры выдержки, радиохроматографические системы (адсорбция газов на активном угле). Газоаэрозольный выброс – поступление радиоактивных веществ в вытяжную трубу высотой 100-150 м. Рассеиваясь в атмосфере, они образуют облако выброса. При движении облака в атмосфере происходит облучение людей бета- и гамма-излучением. Аэрозольные частицы, выпадая из облака, оседают на местности и мигрируют в элементах экологических систем. Часть радионуклидов, поступивших с пищей, обусловливают внутреннее облучение. Если в оболочке ТВЭЛов образуются дефекты, то продукты деления могут поступать в теплоноситель. Жидкие отходы могут попасть в реки и озера. Средняя эффективная доза облучения населения, проживающего в радиусе 10 км от АЭС, составляет 1,35 мкЗв/год [3].

Завершающей стадией ядерного топливного цикла является захоронение радиоактивных отходов. На каждом этапе происходит выделение в окружающую среду радиоактивных веществ, объем которых может варьироваться в зависимости от конструкции реактора и других условий. Серьезной проблемой является захоронение радиоактивных отходов, которые еще на протяжении тысяч и миллионов лет будут продолжать служить источником загрязнения окружающей среды. Так как 99% всех отходов от радиохимических заводов (РХЗ) подлежат захоронению (в скальных породах или соляных копях), то средняя эффективная доза облучения от РХЗ не превышает 1 мкЗв/год [3].

Из продуктов деятельности ядерных объектов наибольшую опасность представляет тритий. Благодаря своей способности хорошо растворяться в воде и интенсивно испаряться, тритий накапливается в использованной в процессе производства воде и затем поступает в водоемы, подземные воды, приземный слой атмосферы. Период его полураспада – 3,82 суток. Распад его сопровождается альфа-излучением. Повышенное содержание трития зафиксировано в природных средах многих АЭС.

При нормальной работе объектов ядерной энергетики загрязнение природной среды незначительно, однако, при авариях на них люди могут получить значительные дозы облучения и заражению могут подвергнуться обширные территории. Опасность облучения людей при аварии на АЭС и его последствия во много раз превзойдут последствия от испытательного ядерного взрыва. Как известно, за период 1971–1984 гг. в 14 странах мира имели место 152 аварии на АЭС [3].

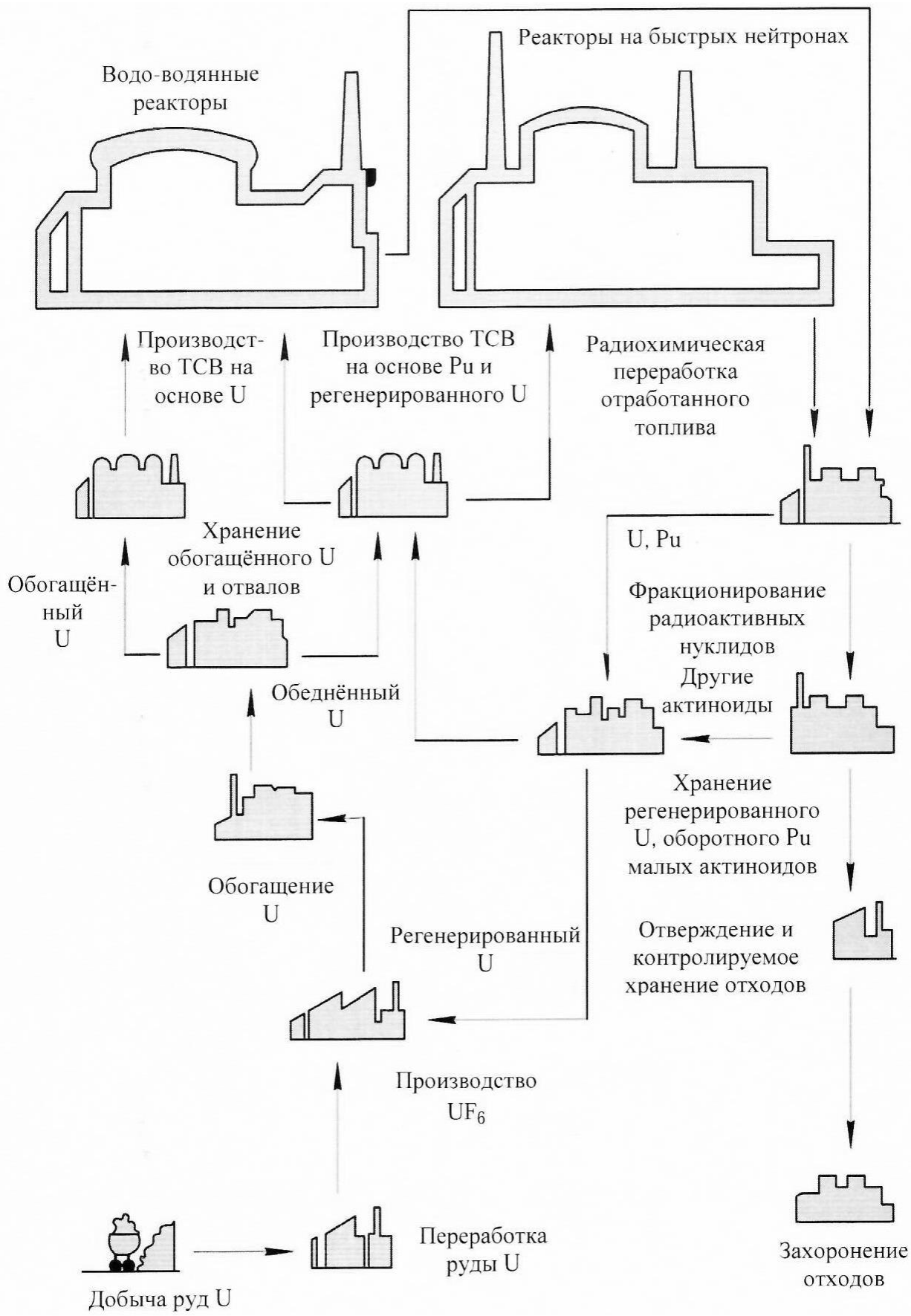


Рисунок 6 – Схема ядерного топливного цикла [7]

Особое место среди всех случившихся аварий занимает Чернобыльская катастрофа (апрель 1986 г.). Чернобыльская катастрофа – крупнейшая за всю историю атомной энергетики как по количеству погибших и пострадавших людей, так и по экономическому ущербу. Из 30-километровой зоны АЭС в 1986 г. было эвакуировано более 115 тыс. человек, а в последующие годы переселены с загрязненных территорий еще 220 тыс. человек [7]. Из сельхозоборота выведено около 5 млн га земель. Захоронены (закопаны тяжелой техникой) сотни мелких населенных пунктов. В ликвидации последствий аварии приняли участие более 600 тыс. человек.

В 2011 г. произошла крупная авария на АЭС в Фукусима-1 (Япония) в результате сильного землетрясения и последовавшего за ним цунами. Погибли 18,5 тыс. человек, до 90% из которых утонули. От радиации предположительно никто не погиб. При аварии в атмосферу попало радиоактивного цезия-137 в 168 раз больше, чем при взрыве ядерной бомбы в Хиросиме в 1945 г. После аварии в пробах воды в океане у берегов Фукусимы уровень Цезия-137 превышал доаварийный в 50 млн раз. Из опасной зоны в радиусе 50 км были эвакуированы около 300 тыс. человек. Работы по дезактивации загрязненной территории продолжаются до настоящего времени. В радиусе 20 км от станции сохраняется зона отчуждения. Ликвидация всех последствий аварии, включая демонтаж реакторов, займет 40 лет. Стоимость всех затрат может составить примерно 600 млрд долларов США [7].

Необходимо также учитывать и такие факты, как аварии на атомных подводных лодках и кораблях. С 1955 по 2015 годы в результате аварий затонули 8 атомных подводных лодок: 4 советские, 2 российские и 2 американские [7]. Две лодки (К-429 и «Курск») были подняты, остальные шесть кораблей находятся на морском дне в различной степени сохранности. В этот список не входит дизельная подводная лодка К-129, затонувшая в 1968 году в Тихом океане на глубине 5600 м вместе с ядерным оружием на борту. Всего за годы холодной войны между СССР и США было утеряно кораблями и самолетами около 50 ядерных боеголовок.

Таким образом, аварии на АЭС и других объектах ядерно-топливного цикла вносят свой вклад в осложнение радиационной обстановки на Земле.

В радиационном отношении Республика Казахстан считается самой загрязненной страной мира. Казахстан – единственное место на Земле, где ядерно-стратегические программы осуществлялись в полном объеме: добыча и переработка сырья, изготовление и испытание ядерных боеголовок и ракетных установок. В итоге степные просторы Казахстана оказались плотно загрязненными радионуклидами и другими веществами, образовавшимися от промышленных отходов урановых заводов и ракетно-космических комплексов. Так, например, в хвостохранилищах и отвалах Целинного горно-химического комбината находится 66 млн т радиоактивных отходов с активностью 68 тыс. Ки, в Жамбылской области – 54 млн тонн, в Жезказганской – 57 млн т, в г. Усть-Каменогорске – 1,4 млн т радиоактивных

и токсических (бериллий) отходов [9]. Дезактивация территории по настоящее время не проводилась.

3.2.4 Сжигание органического топлива на теплоэлектростанциях

Сравнительно большой вред человеку наносит уголь, сжигаемый на теплоэлектростанциях (ТЭС) и в жилых домах. Уголь содержит следующие естественные радионуклиды вместе с продуктами их распада: калий-40, уран-238 и торий-232. На современных тепловых электростанциях для производства 1 гВт·год≈8,7·10^9 кВт·ч электроэнергии сжигается около 3 млн т угля [7].

В Казахстане сегодня работает 119 ТЭС, из них 86 – на угле. Мощная ТЭС сжигает в сутки 10–20 тыс. т угля, а все станции вместе потребляют в сутки около 1,5 млн т угля и выбрасывают около 50 тыс. т золы в воздух. Средняя удельная активность угольной золы приведена в таблице 7 [3].

Таблица 7 – Средняя удельная активность радионуклидов в угольной золе

Радио-нуклид	Период полурас-пада, лет	Удельная активность, Бк/кг	Радио-нуклид	Период полурас-пада, лет	Удельная активность, Бк/кг
Калий-40	1,28•10^9	265	Полоний-210	138,4 сут	1700
Уран-238	4,4 млрд.	200	Торий-2 32	8 000	70
Радий-226	1 622	240	Торий-238	–	110
Свинец-210	22,3	930	Радий-228	–	130

Рассеиваясь в атмосфере вместе с золой, радионуклиды становятся источником дополнительного облучения населения, проживающего вблизи ТЭС. При этом основная доля в облучении легких приходится на торий-232 и продукты его распада, в облучении костного мозга – полоний-210, в облучении всего тела – калий-40. ТЭС мощностью 1 ГВт в результате сжигания угля и выброса радионуклидов в десятки и даже сотни раз превосходит по эквивалентной дозе облучения населения нормально работающую АЭС такой же мощности [7].

Сравнение общего ущерба от ядерного и угольного топливных циклов для здоровья человека дано в таблице 8 [3]. Как видно, здесь учтены не только опасность облучения населения в результате выбросов из угольной ТЭС природных радионуклидов, но и канцерогенный эффект химических компонентов выбросов ТЭС (летучая зола, сернистый газ, органические канцерогены, в особенности бензпирен).

Таблица 8 – Сравнительная оценка общего ущерба здоровью от ядерного и угольного топливных циклов (ЯТЦ и УТЦ), отнесённые к выработке 1 ГВт·год

Вид ущерба*	ЯТЦ	УТЦ
число случаев преждевременной смерти	1	300 (20-600)
общее сокращение продолжительности жизни, чел.*год	20	$1*10^4$ /(0,06-1,8)*10^4/
общие потери трудоспособности чел.*год	10	$7*10^3$ /(0.4-12)*10^3/

* - без учета возможного ущерба здоровью от нераковых заболеваний, вызываемых неканцерогенными компонентами выбросов ТЭС (SO_2, NO, Hg, Pb, Cd и др.). Приведены средние данные. В скобках указан интервал возможных значений.

Проживание вблизи угольной ТЭС мощностью 1гВт с учетом выбросов ее химических компонентов в сотни раз опаснее, чем проживание вблизи АЭС аналогичной мощности (см. таблица 8).

В среднем эффективная эквивалентная доза облучения населения, проживающего в районе тепловой электростанции, работающей на угле, в радиусе до 20 км, составляет 5,3 мкЗв/год [3].

3.2.5 Искусственные источники и потребительские товары, содержащие радионуклиды

При добыче полезных ископаемых из недр земли вместе с углем, газом, нефтью, минеральными удобрениями, строительными материалами в природную среду стали поступать в больших количествах естественные радионуклиды. Например, фосфорные удобрения содержат радий-226 и уран-238 с удельной активностью до 70 Бк/кг в кольском апатите и до 400 Бк/кг – в фосфорите [3]; геотермальные источники, создающие дополнительный выброс радона-222 (например, геотермальная электростанция при выработке в год $1\cdot10^9$ Вт электроэнергии производит в среднем выброс около $400\cdot10^{12}$ Бк/год радона-222).

Дополнительное облучение человек получает также:

– от продуктов питания, полученных на загрязненных территориях (особенно ягод и грибов, собранных в запрещенных зонах);

– от устройств и приборов, содержащих радий-226 (^{226}Ra), прометий-147 (^{147}Pm) или тритий-3 (^{3}H) для создания постоянного светосостава (напр., часы, светящиеся указатели входа и выхода, компасы, телефонные диски, прицелы и т. п.);

– от устройств, имеющих в своем составе радионуклид полоний-210 для снятия статического электричества (напр., антистатические щетки и т. п.);

– от пожарных дымовых детекторов, содержащих радий-226, плутоний-238 или америций-241;

– от цветных телевизоров, компьютеров (экраны с рентгеновской трубкой) и других электронных и электрических устройств, содержащих радионуклиды или производящих рентгеновское излучение;

– от сканеров в таможенных терминалах, в аэропортах, на вокзалах;

– от керамической и стеклянной посуды, содержащей уран и торий;

– во время полета в самолете.

Среднегодовая доза, обусловленная использованием изделий, содержащих радионуклиды, составляет примерно 0,01 мЗв.

В таблице 9 приведены мощности эквивалентных доз от различных источников в быту и при полете в самолете [3].

Таблица 9 – Мощность эквивалентной дозы в быту и при полёте в самолёте

Источник излучения	Активность, Бк	Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч
Самолет на высоте 10 км	–	2,88
Часы, содержащие светосостав:		
^{226}Ra	$3{,}7 \cdot 10^{3}$	0,074
^{3}H	$40 \cdot 10^{6}$	$3{,}7 \cdot 10^{-5}$
^{147}Pm	$1{,}5 \cdot 10^{6}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Телевизоры, дисплеи:		
200 см от экрана	–	$5 \cdot 10^{-4}$
10 см от экрана	–	$3...6 \cdot 10^{-2}$
Керамика, стекло	–	$1{,}1 \cdot 10^{-3}$

Незначительный вклад в радиоактивное загрязнение планеты вносят космические летательные аппараты с ядерными энергоустановками (ЯЭУ). На них используются малогабаритные ядерные реакторы с высоким обогащением природного урана, на быстрых нейтронах, с жидкометаллическим теплоносителем электрической мощностью несколько мВт. Особенности последствий радиационных аварий с ними в полете заключаются в разрушении и сжигании летательного аппарата при входе в плотные слои атмосферы. Выпадение его радиоактивных осадков происходит на значительном пространстве, исчисляемом десятками тысяч кв. км.

Примерную структуру природных и техногенных источников ионизирующих излучений, формирующих годовую дозу облучения населения, можно представить следующим образом [11]:

– 54% – радон, содержащийся в жилище и атмосфере;

– 14% – медицинская радиология;

– 11% – излучения от вдыхаемого воздуха, потребления пищи и воды;

– 8% – горные породы и почвы;

– 8% – космические излучения;

– 3% – антропогенные источники;

– 2% – ядерные испытания.

Таким образом, более 90% облучения человек получает за счет природных ионизирующих источников и при медицинских обследованиях. В условиях нормальной радиационной обстановки эффективная доза облучения населения от всех источников излучения в среднем не превышает допустимый уровень – до 5 мЗв в год.

Глава 4. Требования к обеспечению радиационной безопасности населения

4.1 Основные принципы обеспечения радиационной безопасности

Радиационная безопасность – состояние защищенности настоящего и последующего поколений людей от вредного для их здоровья воздействия ионизирующих излучений. Радиационная безопасность считается надежной, если соблюдены требования защиты населения, которые установлены законами РК, нормами радиационной безопасности и санитарными правилами [12, 13].

Радиационная безопасность населения обеспечивается:

– созданием условий жизнедеятельности людей, отвечающих требованиям норм и правил;

– установлением квот (допустимых пределов) на облучение от различных источников;

– организацией радиационного контроля;

– эффективностью планирования и проведения мероприятий по радиационной защите в нормальных условиях и в случае радиационной аварии;

– организацией системы информирования о радиационной обстановке.

Основные принципы обеспечения радиационной безопасности населения при нормальной работе объектов ядерной энергетики [13]:

– *Принцип нормирования* – непревышение допустимых пределов индивидуальных доз облучения граждан от всех источников излучения;

– *Принцип обоснования* – запрещение всех видов деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает возможного вреда, причиненного дополнительным облучением;

– *Принцип оптимизации* – поддержание на возможно низком уровне с учетом экономических и социальных факторов индивидуальных доз облучения и числа облученных лиц при использовании любого источника излучения.

Контроль над состоянием радиоактивного загрязнения окружающей среды осуществляется службами по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, а за уровнем радиационной безопасности населения – органами Санэпиднадзора. Радиационная безопасность населения достигается путем ограничения воздействия от основных видов облучения – техногенных и природных.

4.2 Контроль облучения населения

Допустимые уровни ионизирующего излучения регламентируются нормативными документами [12, 13]. В соответствии с нормативным документом [12] для контроля техногенного облучения установлены следующие категории облучаемых лиц:

– персонал (группы А и Б);

– все население, включая лиц из персонала вне сферы и условий их производственной деятельности.

Основные пределы доз их облучения установлены нормативным документом [12] и представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные пределы доз

Нормируемые величины	Пределы доз	
	персонал (группа А)	Население
Эффективная доза	20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год	1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год
Эквивалентная доза за год в хрусталике глаза	150 мЗв	15 мЗв
коже	500 мЗв	50 мЗв
кистях и стопах	500 мЗв	50 мЗв

Примечания:

1. Основные пределы доз облучения не включают в себя дозы от природного и медицинского облучения, а также радиационных аварий.
2. Основные пределы доз персонала группы Б составляют ¼ значений для персонала группы А.
3. Для студентов и учащихся старше 16 лет, проходящих профессиональное обучение, годовые дозы не должны превышать значения, установленные для персонала группы Б.

Эффективная доза для персонала не должна превышать за период трудовой деятельности (50 лет) – 1000 мЗв (100 бэр), а для населения за период жизни (70 лет) – 70 мЗв (7 бэр).

Планируемое повышенное облучение персонала группы А выше установленных пределов доз (таблица 10) может быть разрешено только в случае необходимости спасения людей или предотвращения их облучения при ликвидации последствий аварии.

Планируемое повышенное облучение для мужчин старше 30 лет допускается лишь при их добровольном письменном согласии, после информирования о возможных дозах облучения и риске для здоровья. Лица, подвергшиеся облучению в дозе выше 100 мЗв в течение года, в дальнейшем не должны получать дозы свыше 20 мЗв/год. Облучения свыше 200 мЗв/год следует рассматривать как потенциально опасные.

Для женщин до 45 лет, работающих с источниками излучения, эквивалентная доза на поверхности нижней части области живота не должна превышать 1 мЗв/мес., а поступление радионуклидов в организм за год не должно быть более 1/20 предела годового поступления для персонала.

Облучение населения техногенными источниками излучения необходимо минимизировать путем обеспечения сохранности источников излучения, контроля технологических процессов и ограничения выбросов радионуклидов в окружающую среду, а также другими мероприятиями на стадии проектирования, эксплуатации и утилизации источников излучения.

Свой вклад в облучение населения от технических источников вносят медицинские процедуры, которые не включены в дозовые пределы (таблица 10). Эффективные эквивалентные дозы от медицинских и других технических источников излучений представлены в таблице 11[7].

Таблица 11 – Эффективные эквивалентные дозы от технических источников излучений

№ п/п	Вид облучения	Эффективная эквивалентная доза (облучение всего тела), мЗв
1	Флюорография	0,1–0,5
2	Рентгеноскопия грудной клетки	2–4
3	Рентгенография одного зуба	0,03–0,3
4	Рентгеновская томография	5–10
5	Рентгеноскопия желудка, кишечника	0,1–0,25
6	Лучевая гамма-терапия после операции	0,2–0,25
7	Прием радоновой ванны	0,01–1
8	Облучение за счет радиоактивных выбросов вблизи АЭС (за год)	0,2–1
9	Облучение за счет дымовых выбросов тепло-электростанций на угле (за год)	2–5
12	Полет в течение 1 часа на сверхзвуковом самолете на высоте 20 км	10–30
13	Перелет по маршруту Москва – Нью-Йорк	50

Как видно из таблицы 11, при нормальной радиационной обстановке основными источниками техногенного облучения могут быть медицинские рентгенорадиологические процедуры.

Высокие дозы облучения могут быть получены при лечении онкологических заболеваний, так как раковые клетки выдерживают несколько тысяч рентген, а здоровые клетки погибают при полученной дозе от 100 до 400 рад.

Радиационная защита пациентов при медицинском облучении должна быть основана на необходимости получения полезной диагностической информации или терапевтического эффекта от медицинских процедур при

наименьших возможных уровнях облучения. Даже незначительная рентгенография, если не принесет ощутимого вреда организму, то способна изменить генетическую конституцию и привести к пагубным последствиям для потомков. Поэтому по требованию гражданина (пациента) должна предоставляться полная информация об ожидаемой или получаемой им дозе облучения и о возможных последствиях медицинских процедур. При проведении обоснованных рентгенорадиологических обследований практически здоровых лиц, не получающих прямой пользы для своего здоровья от процедур, связанных с облучением, годовая эффективная доза не должна превышать 1 мЗв. Персонал рентгенорадиологических отделений не должен подвергаться облучению в дозе, превышающей 5 мЗв в год.

Дозы облучения населения и персонала медицинских учреждений зависят от качества диагностической аппаратуры и методов лечения. Так, данные проводившихся исследований свидетельствуют о том, что средняя годовая доза облучения персонала рентгенографических кабинетов составляла [7]: в 1960 г. – 80 мЗв, в 1965 – 25 мЗв, в 1975 – 9 мЗв, в 1980 – 5 мЗв, в настоящее время – 2 мЗв. За последние 40–50 лет доза облучения снизилась в 30 и более раз.

При проведении процедур, связанных с облучением в учреждениях здравоохранения, должны регистрироваться дозы у всех лиц, подвергающихся медицинскому облучению.

При проектировании новых зданий жилищного и общественного назначения среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона и торона в воздухе помещений не должна превышать 100 Бк/м3, а мощность эффективной дозы гамма-излучения – не более 0,2 мкЗв/ч сверх мощности дозы на открытой местности.

В эксплуатируемых жилых и общественных зданиях среднегодовая объемная активность радона и торона не должна превышать 200 Бк/м3. При более высоких значениях объемной активности необходимо выполнять защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Защитные мероприятия также проводятся, если мощность эффективной дозы гамма-излучения в помещениях превышает мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч.

Эффективная удельная активность природных радионуклидов в строительных материалах, используемых в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях, не должна превышать 370 Бк/кг.

Удельная радиоактивность природных радионуклидов в фосфорных удобрениях и мелиорантах не должна превышать 4 кБк/кг.

Удельная алфа-активность в питьевой воде не должна превышать 0,1 Бк/кг, удельная бета-активность —1,0 Бк/кг.

При проведении профилактических медицинских рентгенологических и научных исследований практически здоровых лиц годовая эффективная доза облучения этих лиц не должна превышать 1 мЗв.

Лица, оказывающие помощь больным детям, тяжелобольным при выполнении рентгенологических процедур, не должны получать дозу более 5 мЗв/г.

Острая лучевая болезнь возникает у человека при однократном внешнем облучении в дозе 1000 мГр.

Глава 5. Гигиенические аспекты радиационной безопасности

5.1 Мероприятия радиационной безопасности

Радиационная безопасность – это комплекс мероприятий (технических, санитарно-гигиенических, административных, и др.), ограничивающих облучение лиц из персонала и населения, а также радиоактивное загрязнение окружающей среды до приемлемых и наиболее низких значений, достигаемых современными средствами.

Безопасного облучения не бывает. Если существует вероятность повышения радиационного фона выше нормального, то возникает необходимость установления дозовых границ для исключения его пагубного воздействия на здоровье людей.

К мероприятиям радиационной безопасности относятся:

– меры по минимизации внешнего облучения;

– меры по уменьшению поступления радионуклидов в организм человека и ускорению их выведения из организма;

– меры по уменьшению радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды.

5.2 Пути снижения внешнего и внутреннего облучения

Мероприятия по снижению внешнего облучения включают как физические, так и химические методы защиты. К основным методам защиты можно отнести:

– защиту временем;

– защиту расстоянием;

– применение защитных экранов;

– фармакохимическую защиту.

Защита временем – это определение допустимой продолжительности работы в поле излучения. Так как доза накапливается со временем, необходимо организовывать так работу, чтобы время контакта с источником облучения было бы минимальным. Например, при дезактивации крыши машинного участка ЧАЭС время пребывания людей на крыше ограничивается 60-90 с.

Защита расстоянием предполагает увеличение расстояния до источника радиации. Излучение точечного источника распространяется во все стороны. Интенсивность облучения снижается с увеличением расстояния до источника по закону обратных квадратов, т.е. интенсивность облучения убывает пропорционально квадрату расстояния до источника. При

увеличении расстояния до источника в 2 или 3 раза интенсивность излучения уменьшается соответственно в 4 и 9 раз. Для увеличения расстояния от источника до оператора на атомных предприятиях широко используют дистанционные манипуляторы.

Экранирование – это использование защитных экранов такой толщины, которые позволяют ослабить излучение до безопасного уровня, обеспечивая длительное нахождение и работу вблизи источника излучения. Защитные свойства материалов определяются коэффициентом ослабления. Слой половинного ослабления для фотонов с энергией 1МэВ составляет для свинца 1,3 см, для бетона – 13 см. Например, в конце работы реактора РБМК в нём находится 1500 МКи продуктов распада ядерного горючего. Известно, что источник радиации активностью в 1Ки на расстоянии 1м создает мощность дозы в 1Р/час. Поэтому для защиты персонала от гамма-излучения активная зона реактора на АЭС окружена бетонной стеной такой толщины, чтобы в рабочих помещениях радиация не превышала допустимую величину. Серьезные трудности существуют в защите от потока нейтронов (бетонная и свинцовая защита в этом случае мало эффективна). Наиболее целесообразно использовать богатые водородом материалы – воду, парафин, пластики и т. п.

Фармакохимическая защита – это способность химических соединений снижать лучевое поражение молекулярных и других систем организма. В настоящее время известно около 1500 радиозащитных препаратов (цистамин, гистамин, триптамин, серотонин, норадреналин, тиомочевина и др.). Большинство радиозащитных веществ (радиопротекторов) приводит к положительному результату только в случае, если они были введены незадолго до облучения. Для любого радиопротектора существует порог дозы, выше за который его применение неэффективно. Концентрация серотонина и мексамина не должна превышать 10–60 мг/кг, цистамина – 120–180 мг/кг, цистофоса – 300–400 мг/кг и т. д.

Реакция организма на облучение очень сложная, и универсального механизма защиты не существует. Радионуклиды, накапливаясь в отдельных органах, длительно (иногда годами и десятилетиями) излучают фотоны и частицы. Поэтому предварительное применение радиопротекторов, даже наиболее длительно действующих, бессмысленно. *Химическая профилактика* в этих условиях преследует цель недопущения всасывания радионуклида внутрь организма. Так, при йодной профилактике насыщают организм стабильным йодом (или в виде йодистого калия, или 5%-ой йодной настойки по 5 капель на стакан молока), пока существует опасность проникновения в организм радиоактивного йода.

Ряд веществ содействует мобилизации защитных функций организма в отношении неблагоприятных факторов внешней среды (так называемые вещества – адаптогены). К ним относятся препараты элеутерококка, женьшеня, китайского лимонника, аралии маньчжурской, родиолы розовой и других растений. Они эффективны как при остром, так и при пролонгированном и фракционированном облучении.

К группе веществ природного происхождения, обладающих противолучевой активностью, относятся многие продукты нормального обмена веществ: витамины и их биологически активные формы – коферменты, нуклеиновые кислоты и их производные, многие растительные фенольные соединения, аминокислоты, некоторые углеводы и липиды. Хорошие результаты дает использование аминокислотных комплексов, АТФ, мелентин-полипептида из пчелиного яда, состоящего из 26 аминокислотных остатков.

Довольно часто говорят о защитном действии алкоголя. Действительно, молекулы спирта легко окисляются и способны эффективно захватывать свободные радикалы, которые образуются при радиолизе воды, но защитное действие не проявляется при хроническом облучении организма. То есть, в данном случае алкоголь может принести только вред. Определенное защитное действие оказывает красное вино, в котором присутствуют фенольные соединения (антоцианы, катехины). Они обладают антиокислительной активностью и могут создавать нерастворимые комплексы с ионами металлов, в том числе и радиоактивными (стронцием-90, цезием-137 и др.). Связывание металлов в комплексы предотвращает проникновение радионуклидов из пищевода в кровь и ускоряет их выведение вместе с экскрементами. Однако такой эффект может наблюдаться при однократном поступлении радионуклидов и при условии приема вина не позднее 1-1,5 часа после поступления радионуклидов в организм.

В условиях проживания на загрязненной радионуклидами территории следует учитывать основные принципы снижения внутреннего облучения:

– уменьшение поступления радионуклидов в организм;

– усиление выведения радионуклидов из организма;

– использование радиопротекторных свойств пищи;

– обогащение рациона минеральными солями с целью замещения радионуклидов в организме и восполнения дефицита микроэлементов.

Поступление радионуклидов в организм происходит через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт (с водой и пищей).

5.3 Мероприятия по ускорению выведения радионуклидов из организма

Время пребывания радионуклидов в организме определяется, с одной стороны, периодом полураспада, с другой – скоростью процессов их выведения из организма через кишечник, потовые железы, легкие, с желчью.

При отсутствии поступления извне радионуклиды удаляются из мышечной и нервной ткани за 5–30 дней, из печени, почек, селезенки – за 1–2 месяца, из лимфатических узлов – за 2–3 года. Усилить выведение радиоактивных веществ из организма можно регулярным дополнительным введением жидкости (морсы, соки, компоты и т.д.). Рекомендуется применять настои трав и плодов, обладающих слабым мочегонным действием (ромашки, зверобоя, бессмертника, тысячелистника, мяты, шиповника, укропа, тмина,

зеленого чая). Для регулярного опорожнения кишечника используют продукты, содержащие клетчатку (хлеб грубого помола, пшено, гречку, перловку, овсянку, капусту, свеклу, морковь). Можно принимать отвары льна, крапивы, ревеня.

Особенно нужно отметить роль пектинов в выведении радионуклидов. Пектины – полусахариды растительного происхождения, способные связывать и выводить из организма металлы, в том числе стронций, цезий и др. Пектины содержатся в соках с мякотью, яблоках, персиках, крыжовнике, клюкве, абрикосах, сливе, черноплодной смородине, вишне, черешне, клубнике, дыне, зефире, джемах, мармеладе и др. Пектиносодержащие продукты улучшают перистальтику кишечника, которая ускоряет выведение ненужных веществ из организма.

Способствует выведению радионуклидов из организма катехины – дубильные вещества, антоцианы – красящие вещества. Их много в чае, соках.

Поистине уникальными радиопротекторными свойствами обладает грецкий орех. Ядра ореха снижают пероксидное окисление липидов. В их состав входит калий, кальций, магний, фосфор, железо, марганец, медь, цинк и другие микроэлементы. Они богаты витаминами Е, В1, В6, фолацином, дубильными веществами. Толченые ядра с медом увеличивают мочеотделение и обладают желчегонным действием, способствуют выведению радионуклидов (особенно цезия).

При радиационном поражении особая роль отводится режиму питания. При избыточном потреблении пищи в организм попадает и большее количество радионуклидов. В условиях действия малых доз радиации в результате пероксидного окисления липидов в организме образуются ядовитые вещества (токсины). При действии радиации необходимо обеспечить организм достаточным количеством белков. Белки обладают радиопротекторными свойствами, они повышают устойчивость к хроническому внутреннему облучению, снижают всасывание радионуклидов, повышают устойчивость организма к инфекции. Радиозащитным действием обладают продукты, богатые полинасыщенными жирными кислотами и регулирующими процессы пероксидного окисления липидов (растительные масла, рыба, орехи, семена тыквы, подсолнечника).

К веществам, снижающим радиационное воздействие на организм, принадлежат витамины. Особенно большая роль отводится витамину А. Недостаток его сказывается на нервной и иммунной системах. Витамин А и витамин Е способствуют нормализации метаболических процессов и уменьшению пероксидного окисления липидов, способствует стабилизации клеточных мембран. Витамин С способствует усилению окислительно-восстановительных способностей клетки, улучшает тканевое дыхание. Витамины групп В улучшают метаболизм, антитоксическую функцию печени. Недостаток витаминов и белков отражается на функции защиты организма от вредоносных факторов внешней среды.

Глава 6. Дозиметрические и радиометрические приборы

6.1 Методы индикации дозиметрическими и радиометрическими приборами

Ионизирующие излучения невидимы, не имеют ни цвета, ни запаха, ни других признаков, которые указали бы человеку на их наличие или отсутствие. Поэтому их обнаружение и измерение производят косвенным путем на основании какого-либо свойства. Как правило, для определения уровней радиации, степени радиоактивности или дозы излучения применяют один из методов: физический, химический, фотографический, биологический или математический (расчетный).

В основе работы дозиметрических и радиометрических приборов используются следующие методы индикации.

Ионизационный метод. Основан на свойстве, способности излучений ионизировать любую среду, через которую они проходят, в том числе и детекторное (улавливающее) устройство прибора. Измеряя ионизационный ток, получают представление об интенсивности радиоактивных излучений.

Сцинтилляционный метод. Регистрирует вспышки света, возникающие в сцинтилляторе (детекторе) под действием ионизирующих излучений, которые фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) преобразуются в электрический ток. Измеряемый анодный ток ФЭУ (токовый режим) и скорость счета (счетчиковый режим) пропорциональны уровням радиации.

Люминесцентный метод. Базируется на эффектах радиофотолюминесценции (ФЛД) и радиотермолюминесценции (ТЛД).

В первом случае под действием ионизирующих излучений в люминофоре создаются центры фотолюминесценции, содержащие атомы и ионы серебра, которые при освещении ультрафиолетовым светом вызывают видимую люминесценцию, пропорциональную уровням радиации.

Дозиметры ТЛД под действием теплового воздействия (нагрева) преобразуют поглощенную энергию ионизирующих излучений в люминесцентную, интенсивность которой пропорциональна дозе ионизирующих излучений.

Фотографический метод. Один из первых методов регистрации ионизирующих излучений, позволивший французскому ученому А. Беккерелю открыть в 1896 г. явление радиоактивности. Этот метод основан на свойстве ионизирующих излучений воздействовать на чувствительный слой фотоматериалов аналогично видимому свету. По степени почернения (плотности) можно судить об интенсивности воздействующего на пленку ионизирующего излучения с учетом времени воздействия.

Химический метод. Основан на измерении выхода радиационно-химических реакций, протекающих под действием ионизирующих излучений. Известно значительное количество различных веществ, изменяющих свою окраску (степень окраски) или цвет в результате окислительных или восстановительных реакций, что можно соизмерять со степенью или

плотностью ионизации. Данный метод используют при регистрации значительных уровней радиации.

Калориметрический метод. Базируется на измерении количества теплоты, выделяемой в детекторе при поглощении энергии ионизирующих излучений. Поглощаемая веществом энергия в конечном итоге преобразуется в теплоту при условии, что поглощающее вещество является химически инертным к излучению и пропорционально интенсивности излучений.

Нейтронно-активационный метод. Связан с измерением наведенной активности и в некоторых случаях является единственно возможным методом регистрации особенно слабых нейтронных потоков, так как наведенная ими активность оказывается слишком малой для надежных измерений обычными методами. Кроме того, метод удобен при оценке доз в аварийных ситуациях, когда наблюдается кратковременное облучение большими потоками нейтронов.

Биологические методы. Используют способность излучений изменять биологические объекты. Величину дозы оценивают по уровню летальности животных, степени лейкопении, количеству хромосомных аберраций, изменению окраски и гиперемии кожи, выпадению волос, появлению в моче дезоксицитидина и др. Биологические методы не очень точны и менее чувствительны по сравнению с физическими.

Расчетный метод. Дозу излучения в данном случае определяют путем математических вычислений. Это единственно возможный метод определения дозы от инкорпорированных (попавших внутрь организма) радионуклидов.

Таким образом, принцип работы детектора в значительной степени определяется характером эффекта, вызванного взаимодействием излучения с веществом детектора, а детектирование ионизирующих излучений связано с обнаружением и измерением данного эффекта.

Так как человек не ощущает действие ионизирующих излучений на организм и у него отсутствуют органы чувств, которые бы их воспринимали, то дозиметрические приборы как бы восполняют «пробел природы» и позволяют человеку обнаруживать и оценивать излучения.

6.2 Дозиметрические приборы

Основной *задачей дозиметрии* является обнаружение и оценка степени опасности ионизирующих излучений для населения в различных условиях радиационной обстановки. С помощью дозиметрических приборов осуществляются:

– обнаружение и измерение мощности экспозиционной и поглощенной дозы излучения для обеспечения жизнедеятельности населения;

– измерения активности радиоактивных веществ, плотности потока излучений; удельной, объемной, поверхностной активности различных объектов для определения необходимости и полноты проведения дезактивации и санитарной обработки;

– измерения экспозиционной и поглощенной доз облучения в целях определения работоспособности и жизнеспособности населения в радиационном отношении;

– лабораторное измерение степени загрязнения радиоактивными веществами продуктов питания, воды и т. д.

Классификация дозиметрических приборов осуществляется по их назначению, типу датчиков, измерению вида излучения, характеру электрических сигналов, преобразуемых схемой прибора. Почти все современные дозиметрические приборы работают на основе ионизационного метода. Основными узлами приборов являются детекторы излучений, служащие для обнаружения излучений; электрическая схема преобразования импульсов; измерительные или регистрирующие устройства; источники тока.

По функциональному назначению приборы подразделяются на индикаторы, радиометры, рентгенометры, дозиметры. Датчиками являются газоразрядный и сцинтилляционный счетчики. Измеряют альфа- и бета-излучения и небольшие уровни гамма излучений. Для более точных измерений имеются стационарные радиометры – ДП-100, РУБ-01-П6, «Бета-2» и др. К переносным относятся «Луч-2», служащий для качественного и количественного определения бета- и гамма-излучений, а также радиометр-рентгенметр ДП-5А, предназначенный для обнаружения и измерения степени загрязнения поверхности бета- и гамма-активными веществами и измерения уровней гамма-радиации.

Дозиметры. Предназначены для определения суммарной дозы облучения (экспозиционной или поглощенной) или же соответствующих мощностей доз гамма- или рентгеновских излучений. В качестве детектора (датчика) используются ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, сцинтилляционные счетчики и др. К стационарным относятся СПСС-02, СД-1М и др. Переносные дозиметры – СРП-68-01, КИД-2, комплект дозиметров ДП-24, ДК-0,2 и др. Промышленность выпускает также так называемые бытовые (карманные) дозиметры, предназначенные для измерения экспозиционной дозы в воздухе, т. е. работающие как рентгенметры («Мастер-1», «Горизонт», «Бела-2», «Сосна» и др.). Их применяют в загрязненных районах для того, чтобы контролировать уровень гамма-фона и избежать сильного загрязнения цезием-137.

Индикаторы. Это простейшие приборы для обнаружения излучения и ориентировочной оценки мощности экспозиционной дозы (уровня радиации) главным образом гамма- и бета-излучений. Детектором служит газоразрядный счетчик. К этой группе относятся индикатор-сигнализатор ДП-64, измеритель мощности дозы ИМД-21 и др.

Рентгенметры. Они предназначены для измерения мощности дозы рентгеновского или гамма- излучения. Диапазон измерения – от сотых долей рентгена до нескольких сот рентген в час (Р/ч). В качестве датчиков используют ионизационные камеры или газоразрядные счетчики. К ним относятся рентгенметр ДП-3Б, «Кактус», ДП-2 и др.

Радиометры (измерители радиоактивности). Применяются для обнаружения и определения степени радиоактивного загрязнения поверхностей, оборудования альфа- и бета-частицами; плотности потоков или интенсивности радиоактивных излучений; активности проб внешней среды.

6.3 Дозиметрический контроль

Дозиметрический контроль – это система мероприятий, организуемых для контроля радиоактивного облучения населения и определения степени радиоактивного загрязнения техники, производственного оборудования, продовольствия, воды и т. д.

Дозиметрический контроль включает контроль облучения и контроль радиоактивного загрязнения.

Контроль облучения проводится с целью своевременного получения данных о поглощенных дозах населения при проведении спасательных работ. По данным контроля устанавливается факт внешнего воздействия ионизирующих излучений, оценивается работоспособность людей и определяются их радиационные поражения с целью определения необходимости лечения в медицинских учреждениях. Контроль облучения в свою очередь подразделяется на групповой и индивидуальный.

Индивидуальный контроль проводится с целью получения данных о дозах облучения каждого человека (с помощью индивидуального дозиметра ИД-11), определения степени внутреннего радиоактивного загрязнения. Каждому выдается индивидуальный дозиметр.

Групповой контроль проводится с целью получения данных о средних дозах облучения групп населения, находящихся в одинаковых условиях и определения их категорий трудоспособности. 1-2 дозиметра выдаются на группу в 14-20 чел. В зависимости от полученной дозы и продолжительности облучения устанавливаются следующие категории трудоспособности: трудоспособность полная, трудоспособность сохранена, трудоспособность ограничена, трудоспособность существенно ограничена.

Учет полученных доз ведется в индивидуальной карточке учета доз облучения и в журнале контроля облучения (дозы записываются нарастающим итогом).

Контроль радиоактивного загрязнения проводится для определения степени радиоактивного загрязнения людей (кожных покровов и одежды), техники, транспорта, оборудования и других материальных средств. Этот контроль проводится, как правило, при выходе людей из загрязненных районов, при проведении полной специальной обработки.

Глава 7. Химически опасные объекты

7.1 Краткая характеристика химически опасных объектов

Химически опасный объект (ХОО) – предприятие, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений химически опасными веществами.

Опасные химические вещества, применяемые в промышленности и сельском хозяйстве, при аварийном выбросе (разливе) которых может произойти химическое загрязнение окружающей среды в поражающих живой организм концентрациях (токсодозах), называют аварийно химически опасными веществами (АХОВ).

Аварийные выбросы химически опасных веществ могут произойти из-за повреждений и разрушений емкостей при хранении, транспортировке или переработке. Кроме того, некоторые нетоксичные вещества при определенных условиях (пожар, взрыв) могут образовать химически опасные вещества. В случае аварии происходит не только заражение приземного слоя атмосферы, но и заражение водных источников, продуктов питания, почвы, масштабы которого характеризуются размерами зон заражения.

Зона химического поражения – территория, на которой концентрация АХОВ находится в пределах, опасных для жизни людей.

Повышение уровня химической опасности связано также с тем, что новые процессы, новые комбинации различных веществ иногда применяют без учета масштабных факторов, без должного анализа проблем безопасности.

Рост масштабов и концентрация химических производств ведет к накоплению потенциальных опасностей. Об этом можно судить по удельным (на душу населения) значениям летальных доз, накопленных в различных производствах западной Европы. Так, по мышьяку – 0,5 млрд. доз; по барию – 5 млрд.; по фосгену и аммиаку, синильной кислоте – 100 млрд. по каждому соединению; по хлору – 10 триллионов доз [14]. Такое количество химически опасных веществ создаёт угрозу населению и снижает уровень безопасности химически опасных объектах.

В мире насчитывается более 6 млн химических веществ. На 90% – это органические соединения, подавляющее количество которых токсично. Для 500 химикатов принято понятие «вредное вещество», т. е. такое вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности может вызвать производственные травмы, отравления, профессиональные заболевания и отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в течение всего времени работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколения.

К химически опасным объектам относятся объекты, где производят, перерабатывают, используют, транспортируют или хранят опасные химические вещества (ОХВ), при авариях на которых или разрушении которых могут произойти поражения людей, животных и растений, либо

химическое загрязнение окружающей среды в концентрациях или количествах, превышающих естественный уровень их содержания в окружающей среде.

К таким ОХВ относятся:

а) токсичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

– средняя смертельная доза при введении в желудок от 15 до 200 мг/кг включительно;

– средняя смертельная доза при нанесении на кожу от 50 до 400 мг/кг включительно;

– средняя смертельная концентрация в воздухе от 0,5 до 2 мг/л включительно;

б) высокотоксичные вещества – вещества, способные при воздействии на живые организмы приводить к их гибели и имеющие следующие характеристики:

– средняя смертельная доза при введении в желудок не более 15 мг/кг;

– средняя смертельная доза при нанесении на кожу не более 50 мг/кг;

– средняя смертельная концентрация в воздухе не более 0,5 мг/л;

в) вещества, представляющие опасность для окружающей среды, характеризующиеся в водной среде следующими показателями острой токсичности:

– средняя смертельная доза при ингаляционном воздействии на рыбу в течение 96 часов не более 10 мг/л;

– средняя концентрация яда, вызывающая определенный эффект при воздействии на дафнии в течение 48 часов, не более 10 мг/л;

– средняя ингибирующая концентрация при воздействии на водоросли в течение 72 часов, не более 10 мг/л.

Безопасность функционирования химически опасных объектов зависит от многих факторов: физико-химических свойств сырья, продуктов производства, характера технологического процесса, конструкции и надежности оборудования, условий хранения и транспортирования ОХВ, наличия и состояния контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации, эффективности средств противоаварийной защиты и т. д. Кроме того, безопасность производства, использования, хранения и перевозок ОХВ в значительной степени зависит от уровня организации профилактической работы, своевременности и качества планово-предупредительных и ремонтных работ, подготовленности и практических навыков персонала, наличия системы надзора за состоянием технических средств противоаварийной защиты, надежностью функционирования всех систем технологического процесса.

Причинами большинства возникающих химических аварий являются:

– нарушение технологии производства;

– нарушение правил эксплуатации оборудования, машин и механизмов;

– низкая трудовая и технологическая дисциплина;

– несоблюдение норм безопасности;

– отсутствие должного надзора за состоянием оборудования;

– стихийные бедствия.

Характерными особенностями химических аварий являются внезапность возникновения чрезвычайных ситуаций, обусловленных выбросом (разливом) АХОВ, быстрое распространение поражающих факторов, опасность массового поражения людей и животных, попавших в зону заражения, необходимость проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в короткие сроки.

В гражданской обороне в группу АХОВ выделены не все вредные вещества, а только те, которые заражают воздух. Согласно «Временному перечню сильнодействующих ядовитых веществ» (СДЯВ) 1988 года к СДЯВ, представляющим реальную опасность и при авариях могущих вызвать ЧС, отнесены 34 вещества. Это, в частности, хлор, аммиак, сероводород, сера, фтор и их окисные и водородные производные.

К АХОВ, кроме 34 СДЯВ, отнесены еще 17 наиболее распространенных ОХВ:

– компоненты ракетного топлива;

– отравляющие вещества: фенол, бензол, концентрированные азотная и серная кислоты, анилин, ртуть и т. д.

По характеру воздействия на организм человека АХОВ подразделяются на:

– ингаляционного действия (АХОВ ИД) через органы дыхания;

– перорального действия (АХОВ ПД) через желудочно-кишечный тракт;

– кожно-резорбтивного действия (АХОВ КРД) через кожные покровы.

В процессе эксплуатации объектов химической отрасли не исключено возникновение аварий из-за различных неполадок в системе. Число химических аварий увеличивается также вследствие транспортных происшествий, в связи с возросшими перевозками по железной дороге сжиженного хлора, аммиака и других продуктов. При этом загрузочно-разгрузочные работы создают наиболее опасные ситуации.

На технологических линиях ХОО обращается, как правило, незначительное количество токсичных продуктов. Значительно большее количество СДЯВ по объему содержится на складах этих объектов. Поэтому при авариях, в цехах предприятий имеет место локальное заражение воздуха, оборудования цехов и территории предприятий. Поражается в основном производственный персонал, а при ликвидации последствий ограничиваются силами и средствами самих предприятий.

При авариях на складах предприятий, когда разрушаются (повреждаются) крупнотоннажные емкости, АХОВ распространяются за пределы объекта. Это приводит к массовому поражению персонала предприятий, населения, проживающего вблизи предприятий. Также могут

подвергнуться поражению рабочие и служащие других объектов, расположенных вблизи очага аварии.

Объекты с АХОВ могут быть источником: залповых выбросов (проливов) АХОВ; сбросов АХОВ в водоемы; «химических» пожаров с поступлением токсичных продуктов в окружающую среду; разрушительных взрывов; заражения объектов и местности в очаге аварии и на следе распространения химического облака; обширных зон задымления в сочетании с токсичными веществами.

При мгновенном разрушении резервуаров хранения АХОВ или при испарении разлитой криогенной жидкости образуются аэрозольные (паровые, газовые) химические облака. Образование аэрозольного химического облака может привести к появлению, в основном, трех типов опасностей: крупному пожару, взрыву облака, токсическому воздействию. Например, при выбросе аммиака возникает опасность воспламенения и токсического воздействия.

Анализ последствий крупных аварий различных типов на химически опасных объектах позволяет выявить общие тенденции их развития, закономерности и отличительные черты формирования поражающих факторов и их последствий, а также выработать практические рекомендации по защите людей, по ликвидации последствий этих аварий.

На сегодняшний день в химической отрасли Казахстана действуют 738 предприятий, обладающих различным количеством и составом ХОВ. При этом около 70% предприятий химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности расположены в крупных городах или возле них. Надо отметить, что на предприятиях, расположенных нередко в черте городов или в непосредственной их близости, могут одновременно храниться до нескольких тысяч тонн ХОВ. Только на водопроводных станциях, где в качестве средства очистки воды используется хлор, его запасы могут составлять 200–400 т.

Надо отметить также, что в республике для транспортировки углеводородов используется около 10715 км нефте- и газопроводов с использованием компрессорных и нефтеперекачивающих станций. При этом контроль и замена труб, выработавших свой ресурс, требует постоянного внимания.

7.2 Классификация аварий на химически опасных объектах

В химических отраслях аварии делят на две категории:

- аварии в результате взрывов, вызывающих разрушение технологической схемы, инженерных сооружений, вследствие чего полностью или частично прекращен выпуск продукции и для восстановления требуются специальные ассигнования;

- аварии, в результате которых повреждено основное или вспомогательное технологическое оборудование, инженерные сооружения, вследствие чего полностью или частично прекращен выпуск продукции и для восстановления производства требуются затраты более нормативной суммы

на плановый капитальный ремонт, но не требуются специальные ассигнования вышестоящих инстанций.

В зависимости от **характера выброса** аварии могут быть с контролируемым и неконтролируемым выбросом, а сами выбросы могут быть разовыми и многократными, кратковременными и продолжительными. Неконтролируемые выбросы происходят при частичном и полном разрушении технологического оборудования и систем зашиты.

Аварии на химически опасных объектах **по типу возникновения** делятся на производственные и транспортные, при которых нарушается герметичность емкостей и трубопроводов, содержащих АХОВ.

Возникающие химические аварии подразделяются на три типа:

– с образованием только первичного облака АХОВ;

– с образованием первичного и вторичного облака АХОВ;

– с загрязнением окружающей среды (грунта, водоисточников, технологического оборудования и т. п.) высококипящими жидкостями и твердыми веществами без образования первичного и вторичного облака.

По масштабам последствий химические аварии классифицируются следующим образом:

– локальные, последствия которых ограничиваются одним цехом (агрегатом, сооружением) химически опасного объекта;

– местные, последствия которых ограничиваются производственной площадкой химически опасного объекта или его санитарно-защитной зоной;

– общие, последствия которых распространяются за пределы санитарно-защитной зоны химически опасного объекта.

По сфере возникновения химические аварии классифицируются на:

– аварии на хранилищах АХОВ;

– аварии при ведении технологических процессов (возможные источники загрязнения – технологические емкости и реакционная аппаратура);

– аварии при транспортировке АХОВ по трубопроводам или железнодорожными цистернами.

7.3 Аварийно химически опасные вещества

К аварийно химически опасным веществам (АХОВ) относятся токсические химические соединения, использующиеся или образующиеся в больших количествах в промышленности, на транспорте, на складах химических соединений, способные при авариях переходить в атмосферу, воду и почву и вызывать массовые поражения людей. АХОВ – это такие химические вещества, поражающая токсодоза которых менее 100 мг/кг.

Опасность АХОВ зависит от их физико-химических и токсичных свойств. Наиболее распространенные АХОВ – аммиак NH_3, хлор $C1_2$, гидразин $(CH_3)2\text{-}N\text{-}NH_2$, оксид углерода CO, оксид этилена $(CH_2)_20$, сероуглерод CS_2, сернистый ангидрид $S0_2$, фосген $COC1_2$, цианистый водород HCN, оксиды азота и их смеси NO_2, NO, N_20, N_2O_4, диоксин $C_{12}H_4C1_4O_2$.

Существуют три важнейших пути попадания токсичного вещества в человеческий организм: через кожу (кожно-резорбтивный), с пищей и водой (пероральный), при вдыхании (ингаляционный). Последний из них можно считать основным при краткосрочных выбросах. Поэтому особое внимание при защите должно быть уделено органам дыхания.

Для количественной оценки токсических нагрузок на человека используют некоторые показатели, имеющие конкретные значения для каждого вещества. Основными являются следующие показатели: доза, концентрация, токсодоза.

Доза – общий термин, показывающий количество токсичного вещества (или количество излучения, или энергию излучения), поглощенного средой. Для случая токсичных веществ используют также термин токсодоза.

Токсодоза – количественная характеристика токсичности вещества (отравляющего или аварийные химически опасного вещества), соответствующая определенному уровню поражения при его воздействии на живой организм за определенный интервал времени. Токсодозы обычно используют при оценке острых воздействий, поражений.

Объемная концентрация – количество вещества облака на единицу объема этого облака.

Удельная концентрация – количество вещества облака на единицу массы воздуха облака. Концентрацию используют при санитарно-гигиенической оценке (нормировании выбросов) и т. п. Для всех показателей определяют уровни воздействия, соответствующие определенным биологическим эффектам (смерть, функциональные изменения – раздражение, заболевание и т. д.) для определенного числа людей из контрольной группы: единичные, 50%-ные, 100%-ные.

Например, LD_{50}, LC_{50}, LCt_{50} – соответственно дозы, концентрации и токсодозы, вызывающие гибель 50% людей.

Часто используемой величиной является предельно допустимая концентрация (ПДК), т. е. концентрация вещества в воздухе, не наносящая вреда человеку при длительном воздействии, например: за рабочую смену (8 ч.), в течение времени проживания и т. п. Значение ПДК зависит от свойств вещества, его биологических эффектов и метаболизма (изменения) в организме человека, профессиональных и местных особенностей.

По степени токсичности химические вещества делятся на несколько групп: чрезвычайно и высокотоксичные, сильно токсичные, умеренно токсичные, малотоксичные и практически нетоксичные. Токсичность АХОВ характеризуется пороговой концентрацией, пределом переносимости, смертельной концентрацией и смертельной дозой.

Пороговая концентрация – это минимальная концентрация АХОВ, вызывающая ощутимый физиологический эффект, при которой появляются первичные признаки поражения, но пораженные сохраняют работоспособность.

Предел переносимости – это минимальная концентрация АХОВ, которую человек может выдерживать определенное время без устойчивого поражения.

АХОВ по своему химическому строению, физико-химическим свойствам весьма неоднородны, и воздействие этих веществ на человека различно. Основным показателем опасности ХОО считается количество населения, которое проживает в зоне возможного химического заражения, (таблица 12).

Таблица 12 – Степень химической опасности

Степень химической опасности	**Количество населения, проживающего в зоне возможного заражения**
I	Более 75 тыс. человек
II	40-75 тыс. человек
III	До 40 тыс. человек
IV	Зона возможного заражения

Поэтому в целях своевременной оценки опасности при аварийных ситуациях на ХОО химические вещества, способные вызвать массовые поражения, разделены на шесть групп.

Первая группа – вещества с преимущественно удушающим действием; с выраженным прижигающим действием (хлор, треххлористый фосфор, оксихлорид фосфора); со слабым прижигающим действием (фосген, хлорпикрин, хлорид серы).

Вторая группа – вещества преимущественно общеядовитого действия (оксид углерода, синильная кислота, динитрофенол, динитроортокрезол, этиленхлоргидрин, этиленфторгидрин).

Третья группа – вещества, обладающие удушающим и общеядовитым действием; с выраженным прижигающим действием (акрилонитрил); со слабым прижигающим действием (сернистый ангидрид, сероводород, оксиды азота).

Четвертая группа – нейтропные яды, вещества, действующие на генерацию (образование), проведение и передачу нервного импульса (сероуглерод, фосфорорганические соединения).

Пятая группа – вещества, обладающие удушающим нейтропным действием, (аммиак).

Шестая группа – метаболические яды (этиленоксид, метилбромид, метилхлорид, диметилсульфат).

Характер возможных химических аварий с АХОВ определяется многими факторами: физико-химическими свойствами сырья, полупродуктов и продуктов, особенностями технологического процесса, конструкцией и надежностью оборудования, условиями хранения и транспортирования химических веществ, состоянием контрольно-измерительных приборов и

средств автоматизации, эффективностью средств противоаварийной защиты и т. п.

В наибольшей степени опасность последствий химических аварий определяется летучестью АХОВ и продолжительностью их поражающего действия, что во многом зависит от температуры кипения веществ. В зависимости от температуры кипения АХОВ делятся **на три группы.**

К первой группе относятся вещества, которые имеют точку кипения ниже минус 40°С (нижнего предела возможных температур). В аварийной ситуации они в результате интенсивного выброса вызывают образование только первичного газового облака, которое может создать опасность взрыва и пожара, а также привести к резкому снижению содержания кислорода в воздухе, особенно в небольших закрытых помещениях. При разрушении единичной емкости время действия газового облака таких веществ не превышает нескольких десятков секунд. При аварии в процессе производства образующееся облако АХОВ действует до момента прекращения выброса вещества.

Ко второй группе относятся вещества, имеющие точку кипения в интервале температур от минус 40°С до плюс 40°С. Вещества этой группы, находящиеся в парообразном состоянии легко переводятся в жидкое состояние при сжатии. Хранятся в изотермических емкостях в охлажденном виде либо при обычной температуре под давлением. При разливе (выбросе) веществ, находящихся под давлением, образуются первичное и вторичное облака загрязненного воздуха, остальные вещества – только вторичное облако.

К третьей группе веществ относятся АХОВ с температурой кипения выше 40°С (верхнего предела возможных температур). В эту группу входят АХОВ, находящиеся при атмосферном давлении в жидком состоянии. В случае аварийного разлива этих АХОВ преимущественно происходит загрязнение местности и появляется опасность загрязнения грунтовых вод, возможно образование вторичного облака загрязненного воздуха.

По степени воздействия на организм человека АХОВ делятся на четыре класса: чрезвычайно опасные; высокоопасные; умеренно опасные; малоопасные.

К чрезвычайно опасным АХОВ относятся:

– некоторые соединения металлов (органические и неорганические производные мышьяка, ртути, свинца, кадмия, цинка и др.);

– карбонилы металлов (тетракарбонил никеля, пентакарбонил железа и др.);

– вещества, содержащие циангруппу (синильная кислота и ее соли, нитрилы, циангидрины, изоцианаты и др.);

– соединения фосфора (фосфорорганические соединения, хлориды фосфора, оксихлорид фосфора, фосфин и др.);

– галогены (хлор, бром, фтор);

– галогеноводороды (водород хлористый, водород фтористый, водород бромистый);

– хлоргидрины (этиленхлоргидрин, эпихлоргидрин и др.);

– фторорганические соединения (фторуксусная кислота и ее эфиры, фторэтанол и др.);

– некоторые другие соединения (фосген, окись этилена, амины, алкиловый спирт и др.).

К высокоопасным АХОВ относятся:

– минеральные и органические кислоты (серная, азотная, соляная, уксусная и др.);

– щелочи (аммиак, едкий натр, едкий калий и др.);

– серосодержащие соединения (сульфиды, сероуглерод, тиокислоты, тиоцианаты и др.);

– галогензамещенные углеводороды (хлористый метил, бромистый метил и др.);

– некоторые спирты и альдегиды кислот (формальдегид, метиловый спирт и др.);

– органические и неорганические нитро- и аминосоединения (гидразин, анилин, нитробензол, толуидин и др.);

– фенолы, крезолы и их производные.

К умеренно и малоопасным АХОВ относятся остальные потенциально опасные химические соединения.

Основными характеристиками токсических свойств АХОВ являются предельно допустимая концентрация (ПДК) и смертельная концентрация вещества в данной среде (воздухе, воде, продуктах), а также токсодоза (пороговая, поражающая, смертельная).

Кроме того, безопасность химического производства, использования, хранения и перевозок АХОВ в значительной степени зависит от уровня организации профилактической работы, своевременности и качества планово-предупредительных ремонтных работ, подготовленности и практических навыков персонала, системы надзора за состоянием средств противоаварийной защиты, наличием, состоянием и умением пользоваться средствами индивидуальной защиты. Все эти факторы учитываются при комплексной профессиональной проверке состояния уровня безопасности и защиты на ХОО.

7.4 Характер химических аварий и масштабы их последствий

Основными исходами химических аварий, как правило, являются:

– выбросы (разливы) АХОВ;

– мгновенное или постепенное испарение;

– дисперсия газов с нейтральной и положительной плавучестью;

– дисперсия тяжелого газа;

– возгорание жидкостей, зданий, сооружений и т. п.;

– взрывы различного характера (ограниченные, в свободном пространстве, взрывы паровых облаков, пылевые взрывы, детонации, физические взрывы, взрывы конденсированной фазы).

В химических авариях выделяются 4 фазы: инициирование аварии; развитие аварии; выход последствий за пределы химически опасного объекта; локализация и ликвидация последствий аварии. Содержание фаз развития химических аварий представлено в таблице 13.

Вторая фаза (развитие химической аварии) оказывает определяющее влияние на масштабы последствий аварии, так как от особенностей попадания АХОВ в атмосферу зависят дальность распространения газообразного (парообразного) облака и время поражающего действия.

Основными последствиями химических аварий могут быть:

– разрушения зданий, оборудования, технологических линий и т. п.;

– возгорание зданий, сооружений, жидкостей и т. п.;

– загрязнение окружающей среды (атмосферного воздуха, земли, недр, почвы, воды, растительного и животного мира, зданий, сооружений, технологического оборудования и т. п.);

– поражение людей, оказавшихся в зоне токсического воздействия без необходимых средств защиты или не успевших их использовать.

Наиболее характерной особенностью химических аварий с выбросом (разливом) АХОВ является образование зон химического загрязнения.

Величина зоны химического загрязнения, прежде всего, зависит от физико-химических свойств, токсичности и количества выброшенного в атмосферу (разлившегося) АХОВ, а также от метеорологических условий, при которых произошла авария.

Размеры зоны химического загрязнения характеризуются глубиной распространения облака загрязненного воздуха с поражающими концентрациями и площадью разлива АХОВ. Глубина распространения облака загрязненного воздуха в значительной степени зависит от метеорологических условий, рельефа местности и плотности застройки объектов.

Прежде всего, существенное влияние на глубину зоны химического загрязнения оказывает вертикальная устойчивость приземного слоя воздуха. Инверсия способствует распространению облака загрязненного воздуха на более значительные расстояния от места аварии, чем изотермия и конвекция. Наименьшая глубина распространения АХОВ наблюдается при конвекции.

Повышение температуры и увеличение скорости ветра ведут к увеличению перемешивания нижних и верхних слоев атмосферы и уменьшению глубин распространения поражающих концентраций.

Значительное влияние на глубину распространения облака загрязненного АХОВ воздуха оказывает характер местности, ее рельеф (равнинно-плоский, равнинно-волнистый, равнинно-холмистый, овражно-балочный, холмистый), а также шероховатость подстилающей поверхности (открытые водные поверхности, трава, леса и т. п.).

Таблица 13 – Фазы развития химических аварий

Фазы	Содержание фазы	Аварии на хранилищах и при ведении технологических процессов	Транспортные аварии
1	Инициирование аварии вследствие накопления отклонений от нормального процесса или неконтролируемой случайности, в результате чего система приходит в неустойчивое состояние	Накопление дефектов в оборудовании: ошибка при проектировании, строительстве и монтаже оборудования; ошибки в эксплуатации оборудования; нарушение технологического процесса	Ухудшение состояния железнодорожного пути; некачественное ведение ремонтных работ, возникновение неполадок в подвижном составе; нарушение правил перевозок; столкновение с другими Транспортными объектами; коррозия трубопроводов и т. д.
2	Развитие аварии, в течение которой происходит нарушение герметичности системы (емкости, реактора, цистерны и т. д.) и попадание АХОВ в атмосферу	Возникновение пожаров, взрывов, разливы, выбросы АХОВ в окружающую среду	Сход с рельсов цистерн, пожары, взрывы, разливы, выбросы АХОВ в окружающую среду
3	Выход последствий аварии за пределы объекта	Распространение газообразного (парообразного) облика и его выход за пределы объекта; поражающее воздействие АХОВ на население и производственный персонал	
4	Локализация и ликвидация последствий аварии	Проведение мероприятий химической защиты, в том числе по локализации и ликвидации источника загрязнения	

При прохождении облака загрязненного воздуха через населенные пункты на глубине его распространения сказывается их застройка, а также температура воздуха в населенных пунктах.

Характер распространения АХОВ в атмосфере во многом зависит также от плотности паров химически опасных веществ. Чем ниже плотность АХОВ, тем выше производительность источника загрязнения (скорость испарения).

Направление распространения облака загрязненного воздуха с относительной плотностью паров АХОВ меньше единицы определяется направлением ветра, а с относительной плотностью больше единицы, как направлением ветра, так и профилем местности. АХОВ тяжелее воздуха растекаются в низких местах, затекают в подвалы домов, сохраняя продолжительное время поражающие свойства.

Важной характеристикой зон химического загрязнения является продолжительность воздействия облака загрязненного воздуха на людей,

оказавшихся в зоне поражения АХОВ. Она определяется временем испарения разлившегося АХОВ или продолжительностью горения веществ с образованием ядовитых аэрозолей.

АХОВ, имеющие температуру кипения выше 20°С (треххлористый фосфор и др.) испаряются медленно и до полного испарения длительное время находятся в местах разлива АХОВ. При этом образование облака загрязненного воздуха с поражающими концентрациями весьма затруднительно. Оно возможно лишь при исключительно благоприятных погодных условиях (высокой температуры воздуха, почвы, незначительной скорости ветра и др.), а также в случае возникновения пожаров, которые могут привести к интенсивному испарению АХОВ. Образование облака загрязненного воздуха с высококипящими веществами также возможно в случае соприкосновения разлившихся АХОВ с другими химическими веществами и образования более летучих и токсичных веществ с выделением большого количества тепла.

АХОВ, имеющие температуру кипения до 20°С (хлор, аммиак, фосген и др.), при разливе быстро испаряются, образуя облако загрязненного воздуха, которое распространяется по направлению ветра. Такие вещества в опасных концентрациях могут обнаруживаться на значительных расстояниях от места аварии. Время испарения АХОВ зависит, прежде всего, от количества разлившегося вещества, его физико-химических свойств, площади разлива, температуры окружающей среды, скорости ветра и ряда других условий. С повышением температуры и скорости ветра в приземном слое атмосферы скорость испарения АХОВ с поверхности разлива увеличивается, что ведет к сокращению времени воздействия АХОВ на окружающую среду и людей.

Для многих АХОВ с увеличением скорости испарения температура разлившегося вещества понижается, что ведет к уменьшению его летучести, а, следовательно, и сокращению глубины зоны загрязнения. Увеличение количества АХОВ в районе разлива увеличивает продолжительность его испарения и время существования зон химического загрязнения.

Существенное влияние на глубину зоны химического загрязнения оказывает площадь разлива АХОВ. Она может колебаться в широких пределах – от нескольких сотен до нескольких тысяч квадратных метров.

Наличие земляной обваловки, поддона, железобетонной ограждающей стенки ограничивает площадь разлива АХОВ и способствует сокращению глубины распространения загрязненной атмосферы.

Выход облака загрязненного воздуха за пределы территории химически опасного объекта, в случае аварии на нем, обуславливает химическую опасность для населения административно-территориальной единицы, где такой объект расположен.

При химическом загрязнении различных сред (воздух, вода, почва) возможно возникновение чрезвычайных ситуаций с химической обстановкой следующих четырех типов:

– **химическая обстановка первого типа.** При аварии на химически опасном объекте происходит разрушение емкости или технологического оборудования, содержащих АХОВ в газообразном состоянии, в результате чего образуется первичное парогазовое или аэрозольное облако с высокой концентрацией АХОВ, распространяющееся по направлению ветра. Основным поражающим фактором при этом является воздействие высоких (смертельных) концентраций паров АХОВ на людей и животных через органы дыхания. Масштабы загрязнения при этом типе химической обстановки зависят от количества выброшенных АХОВ, размеров облака, концентрации ядовитого вещества, скорости ветра, состояния приземного слоя атмосферы (инверсия, изотермия или конвекция), плотности паров АХОВ (легче или тяжелее воздуха), времени суток и характера местности;

– **химическая обстановка второго типа.** При аварийных выбросах (разливах) АХОВ, используемых в производстве или хранящихся (транспортируемых) в виде сжиженных газов (аммиак, хлор и др.), перегретых летучих жидкостей с температурой кипения ниже температуры окружающей среды (окись этилена, фосген, окислы азота, сернистый ангидрид, синильная кислота и др.), образуются первичное и вторичное облака. При этом в результате мгновенного испарения части ядовитого вещества образуется первичное облако, концентрация паров в котором может многократно превышать смертельную, а при испарении вылившейся в поддон или разлившейся на подстилающей поверхности другой части содержащего в емкости АХОВ образуется вторичное облако, концентрация паров в котором существенно меньше, чем в первичном облаке. Однако и она может представлять высокую опасность. Основными поражающими факторами в этих условиях являются воздействие на людей и животных через органы дыхания первичного облака (кратковременное – несколько минут) и продолжительное воздействие вторичного облака (часы, сутки). Кроме того, разлив АХОВ может привести к загрязнению грунта и воды;

– **химическая обстановка третьего типа**. При разливе в поддон (обвалование) или на подстилающую поверхность больших количеств сжиженных газов из изотермических хранилищ или жидких АХОВ с температурой кипения, близкой к температуре окружающей среды, а также при горении некоторых сложных химических соединений с выделением АХОВ (например, удобрений типа нитрофоски, комковой серы и других), образуется только вторичное облако загрязненного воздуха;

– **химическая обстановка четвертого типа.** При аварийном выбросе (разливе) значительных количеств малолетучих АХОВ типа фенола, сероуглерода, несимметричного диметилгидразина и др. с температурой кипения существенно выше температуры окружающей среды происходит загрязнение местности (грунта, растительности, воды) в опасных концентрациях. Основными поражающими факторами при этом являются воздействие АХОВ в результате соприкосновения открытых участков кожи с

загрязненной поверхностью или в результате попадания ядовитых веществ внутрь организма через желудочно-кишечный тракт.

Глава 8. Вредные вещества

8.1 Общая характеристика вредных веществ

В настоящее время известно более 7 млн химических веществ, из которых 60 тыс. находят широкое применение, в виде пищевых добавок – 5500, лекарств – 4000, препаратов бытовой химии – 1500 веществ [5]. На международном рынке ежегодно появляется от 500 до 1 000 новых химических соединений и смесей. Возможность загрязнения химическими веществами среды обитания все больше возрастает. Например, в США ежегодно происходит около 50–60 крупных аварийных выбросов химических соединений, требующих эвакуации людей.

Токсическими веществами (или ядами) называют химические компоненты, поступающие в количестве и качестве, не соответствующем врожденным или приобретенным свойствам организма, поэтому вызывающие вредные реакции, несовместимые с нормальной жизнедеятельностью организма.

Токсическое действие различных веществ – результат взаимодействия организма, вредного вещества и окружающей среды. Оно зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, токсичности, длительности поступления, химизма взаимодействия веществ. Кроме того, степень поражения зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения вредных веществ, распределения в организме, а также метеорологических условий и других сопутствующих факторов производственной и окружающей среды.

Ядовитые свойства могут проявить практически все вещества, даже такие, как поваренная соль в больших дозах или кислород при повышенном давлении. Однако к ядам принято относить лишь те, которые свое вредное действие проявляют в обычных условиях и в относительно небольших количествах.

Более широким понятием, чем производственный или бытовой яд, является термин “вредное вещество”, так как объединяет и яды, и аэрозоли фиброгенного действия. По ГОСТ 12.1.007-76: “Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений”.

Химические соединения (органические и неорганические) в зависимости от их практического использования классифицируются так:

– промышленные яды – вещества, используемые в производстве;

– ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве;

– лекарственные средства;

– бытовые химикаты, используемые в виде пищевых добавок, средств санитарии, личной гигиены, косметики и т. д.;

– биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах, животных и насекомых;

– боевые отравляющие вещества.

Несмотря на разнообразие вредных веществ, часто вызываемые ими заболевания в своей основе имеют сходные патологические процессы. Исходя из этого, все вредные вещества по характеру воздействия на организм человека подразделяются на:

– общетоксические – вызывающие отравление всего организма или поражающие отдельные системы организма (ЦНС, периферическую нервную и кроветворную систему), а также вызывающие патологические изменения печени, почек (оксид углерода, цианистые соединения, свинец, ртуть, бензол и др.);

– раздражающие – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов (хлор, аммиак, оксиды серы и азота, озон и др.);

– сенсибилизирующие – действующие как аллергены (формальдегид, растворители, лаки на основе нитросоединений и др.);

– мутагенные – приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственной информации (свинец, марганец, радиоактивные изотопы и др.);

– канцерогенные – вызывающие, как правило, злокачественные новообразования (циклические амины, ароматические углеводороды, хром, никель, асбест и др.);

– влияющие на репродуктивную (детородную) функцию – ртуть, свинец, стирол, радиоактивные изотопы и др.

Три последних вида воздействия вредных веществ – мутагенные, канцерогенные, влияющие на репродуктивную функцию, – относят к отдаленным последствиям влияния химических соединений на организм человека. Специфика такого влияния в том, что оно проявляется не во время воздействия и не сразу по его окончании, а в более отдаленные периоды времени, спустя годы и даже десятилетия. Отмечается также появление различных эффектов и в последующих поколениях.

8.2 Действие вредных веществ

Патологические процессы, развивающиеся при воздействии вредных веществ на организм человека, могут рассматриваться как проявление дезорганизации его функционального и структурного состояния, необходимого для нормальной жизнедеятельности.

Действие вредных веществ на организм, отдельные системы, органы осуществляется через рецепторный аппарат цитоплазматических мембран или их компоненты. Во многих случаях рецепторами являются ферменты (напр.,

ацетилхолинэстераза), аминокислоты (цистеин, гистидин и др.), витамины, некоторые реакционноспособные, функциональные группы (карбоксильные, амино- и фосфоросодержащие), а также различные медиаторы и гормоны.

Первичное, специфическое действие вредных веществ на организм обусловлено образованием комплекса “вещество – рецептор”. Максимальное токсическое действие яда проявляется, когда минимальное количество его молекул способно связывать и выводить из строя наиболее жизненно важные клетки – мишени. Например, токсины ботулинуса способны накапливаться в окончаниях периферических двигательных нервов и в количестве восьми молекул на каждую нервную клетку вызывают их паралич. Таким образом, 1 мг ботулинуса может уничтожить 1 200 т живого вещества, а 200 г этого токсина способны погубить все население Земли.

Кроме биологического, некоторые вещества, преимущественно аэрозоли, оказывают на человека фиброгенное действие. Эти вещества, попадая в легкие, вызывают мельчайшие рубцевания ткани легких (фиброз), приводя к профессиональным заболеваниям – пневмокониозам. К этим веществам относятся аэрозоли металлов и их сплавов (чугунная, железная, наждачная и др.), пластмасс; аэрозоли растительного происхождения (древесная, мучная и др.), а также пыль стеклянного и минерального волокна, кремнийсодержащая и др.

В зависимости от природы пыли пневмокониозы могут быть различных видов: например, силикоз – наиболее частая и характерная форма, развивающаяся при действии свободного диоксида кремния SiO2; силикатоз, возникающий при вдыхании пыли солей кремниевой кислоты; асбестоз – одна из агрессивных форм силикатоза, которая приводит к фиброзу легких, к нарушениям нервной и сосудистой систем, а также к развитию рака легких. Различают и другие виды пневмокониозов: антракоз, алюминокоз, деревокоз и др. Кроме этого вида воздействия, пыль может проявлять и токсическое действие. К ядовитой пыли относят аэрозоли хромового ангидрида, свинца, бериллия, мышьяка и др. Аэрозоли этих веществ могут оказывать местное воздействие на верхние дыхательные пути, а также вызывать острые и хронические отравления, проникая в легкие и желудочно-кишечный тракт.

Пути проникновения. Вредные вещества попадают в организм человека главным образом через дыхательные пути, кожный покров и пищеварительный тракт. Большинство случаев (80–90%) профессиональных заболеваний и отравлений связано с проникновением токсичных газов, паров, туманов, аэрозолей в организм человека через органы дыхания. Этот путь наиболее опасен, поскольку вредные вещества через разветвленную клеточную ткань (100...120 $м^2$) поступают непосредственно в кровь и разносятся по всему организму.

Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт происходит при несоблюдении правил личной гигиены, приеме пищи, курении, загрязнении рук. Ядовитые соединения могут при этом всасываться уже из полости рта, поступая сразу в кровь. К таким веществам относятся все жирорастворимые

соединения, фенолы, цианиды. Кислая среда желудка и слабощелочная среда кишечника могут способствовать возрастанию токсичности некоторых соединений (например, сульфат свинца переходит в более растворимый хлорид свинца, который легко всасывается). Попадание яда в желудок может быть причиной поражения его слизистой оболочки, нарушения секреции (ртуть, цезий, уран и др.).

Вредные вещества попадают в организм человека также через неповрежденные кожные покровы. Это возможно не только при загрязнении кожи растворами и пылью токсичных веществ, но и при наличии токсичных паров и газов в воздухе рабочей зоны, так как они имеют способность растворяться в поту и жировом покрове кожи; затем они всасываются через кожу и поступают в кровь. К таким веществам относятся легко растворимые в воде и жирах углеводороды, ароматические амины, бензол, анилин и т. п. При повреждении кожи эффективность проникновения через нее вредных веществ значительно возрастает.

После всасывания яда в кровь происходит его распределение в организме, которое подчиняется определенным закономерностям. В первый период распределение вещества определяется интенсивностью кровообращения. С течением времени основную роль начинают играть сорбционные свойства тканей. Существует три главных места (сектора) сосредоточения вредных веществ: внеклеточная жидкость (~14 л для человека массой 70 кг), внутриклеточная жидкость (~28 л) и жировая ткань. Распределение веществ зависит от трех основных их физико-химических свойств: водорастворимости, жирорастворимости и способности к диссоциации. Ряд металлов (серебро, марганец, хром, ванадий, кадмий и др.) быстро выводится из крови, но накапливается в печени и почках. Легко диссоциирующие соединения бария, бериллия, свинца образуют прочные соединения с кальцием и фосфором и накапливаются в костной ткани.

8.3 Последствия воздействия вредных веществ

При контакте с вредными веществами организм человека подвергается местным повреждениям тканей или общему отравлению.

Общее (резорбтивное) отравление развивается в результате всасывания яда в кровь. При этом нередко наблюдается относительная избирательность, выражающаяся в том, что преимущественно поражаются те или иные органы и системы, например, нервная система – при отравлении марганцем, органы пищеварения – при отравлении бензолом.

Местное действие характеризуется повреждением тканей на месте соприкосновения их с ядом: явления раздражения, воспаления, ожоги кожных и слизистых покровов – чаще всего при контакте с щелочными и кислотными растворами и парами. Местное действие, как правило, сопровождается и общими явлениями вследствие всасывания продуктов распада и рефлекторных реакций в результате раздражения нервных окончаний.

Отравления протекают в острой, подострой и хронической формах.

Острые отравления чаще бывают групповыми и возникают в результате аварий или грубых нарушений правил безопасности, характеризуются кратковременностью действия яда и поступлением его в организм в относительно больших количествах через органы дыхания, кожу или желудочно-кишечный тракт, а также яркими клиническими проявлениями непосредственно в момент действия яда или через относительно небольшой – обычно несколько часов – скрытый (латентный) период. В результате острого отравления, как правило, наблюдаются две фазы: первая – неспецифических проявлений (головная боль, слабость, тошнота и др.); вторая – специфических (например, отек легких при отравлении оксидами азота).

Хронические отравления возникают постепенно при длительном действии ядов, проникающих в организм в относительно небольших количествах. Они развиваются вследствие накопления самого яда в организме (материальная кумуляция) или вызываемых им изменений (функциональная кумуляция). Поражаемые органы и системы организма при хроническом и остром отравлениях одним и тем же ядом могут отличаться. Например, при остром отравлении бензолом в основном страдает нервная система и наблюдается наркотическое действие, при хроническом – система кроветворения. В таблице 14 приведены последствия хронических отравлений важнейшими промышленными ядами организма человека [15].

Наряду с острыми и хроническими отравлениями выделяют *подострые формы*, которые хотя и сходны по условиям возникновения и проявлениям с острыми отравлениями, но развиваются медленно и имеют более затяжное течение.

При повторном воздействии одного и того же яда в субтоксической дозе на организм может изменяться течение отравления и, кроме явления кумуляции, наблюдаются сенсибилизация и привыкание.

Сенсибилизация – состояние организма, при котором повторное воздействие вещества вызывает больший эффект, чем предыдущие. Эффект сенсибилизации связан с образованием под влиянием токсического вещества в крови и других внутренних средах измененных и ставших чужеродными для организма белковых молекул, индуцирующих формирование антител. Повторное, даже значительно более слабое, токсическое воздействие яда с последующим его взаимодействием с антителами вызывает извращенную реакцию организма в виде явлений сенсибилизации (аллергии). К веществам, вызывающим сенсибилизацию, относятся бериллий и его соединения, карбониды никеля, железа, кобальта, соединения ванадия и т. д.

Привыкание – ослабление эффекта действия вредного вещества на организм человека при повторяющемся воздействии. Для развития привыкания к повторяющемуся воздействию яда необходимо, чтобы его концентрация (доза) была достаточна для вызова ответной приспособительной реакции, но чтобы она не была чрезмерной, приводящей к быстрому и серьезному повреждению организма.

Таблица 14 – Последствия хронических отравлений промышленными ядами

Промышленный яд (агрегатное состояние*)	**Последствия воздействия на организм человека**
Свинец (Т)	Поражается сердечно-сосудистая система (атеросклеротические процессы в сосудах, повышение давления); эндокринно-обменные нарушения: гиповитаминоз В, С, РР; нарушение менструально-овариальной функции, токсическое действие на плод; поражаются ЖКТ*, печень
Тетраэтилсвинец (Ж)	Вегетативные расстройства: брадикардия, гипотония, гипотермия, повышенная саливация; расстройство сна, эмоциональная неустойчивость, парестезии, иногда сексуальные расстройства; токсический психоз, астения, ослабление интеллектуальных функций, атеросклероз, тяжелая форма гипертонической болезни, тремор конечностей.
Ртуть (Ж)	Повышенная утомляемость, головные боли, раздражительность, эмоциональная неустойчивость, ухудшение сна, тремор пальцев, поражение десен (разрыхление, кровоточивость); нервно-психические расстройства: “ртутный эретизм” (повышенная смущаемость, неуверенность в себе), поражение промежуточного мозга, полиневрит, эндокринновегетативные нарушения.
Марганец (Т)	Марганцевый паркинсонизм: нарушается походка, туловище наклоняется вперед, равновесие грубо нарушено; расстройство эмоциональной сферы: на любой раздражитель появляется истерический смех, застывшая улыбка, речь нарушена, эмоциональная тупость или состояние угнетенности; повышенная саливация, потливость.
Бериллий (Т)	Общая слабость, кашель, боли в груди, сердечная недостаточность, поражаются бронхи, сердце, печень, кровь; кожные поражения: аллергические дерматиты, экземы, язвы; интерстициальный пневмосклероз.
Хлор (Г)	Хронический трахеит, бронхит, пневмосклероз, эмфизема легких, бронхоэктатическая болезнь, легочно-сердечная недостаточность, активация туберкулезного процесса.
Сернистый ангидрид (Г)	Атрофический ринит, токсический бронхит с приступами удушья, пневмосклероз, анемия, нарушение функции печени.
Сероводород (Г)	Слабость, утомляемость, головные боли, тошнота, кашель; снижается аппетит, малокровие, бронхит, склонность к поносам; сосудисто-вегетативные явления (влажность ладоней, похолодание дистальных отделов конечностей, стойкий красный дермографизм и др.); тремор век, языка, пальцев рук; изменение нервной системы.
Оксиды азота (Г)	Полиневрит, психические расстройства
Аммиак (Г)	Снижение интеллектуального уровня с потерей памяти; неврологические симптомы: тремор, нарушение равновесия, тики, головокружение, гиперемия, ринит, трахеит, бронхит, нистагм, гиперрефлексия.
Оксид углерода (Г)	Астеновегетативный синдром: головная боль, головокружение, вялость, бессонница; память, внимание ухудшены, эмоциональная неустойчивость; поражается ЦНС*: меняется походка, вестибулярные нарушения.
Бензин (Ж)	Неврастения, вегетоневрозы, астеновегетативные нарушения: головные боли, головокружения, потеря аппетита; кожный дерматит, экзема.

Метиловый спирт (Ж)	Дегенерация ганглиозных клеток, сосудистые изменения в мозге и внутренних органах: отечность, гиперемия, парез капилляров, мелкие кровоизлияния
Сероуглерод (Ж)	Токсическая неврастения; снижение обоняния, кожной чувствительности; полиневриты, трофические изменения (атрофия мышц, цианоз, потливость конечностей); мозговые расстройства - головная боль, головокружение, ухудшение сна, памяти, эмоциональная неустойчивость.
Бензол (Ж)	Поражения: костного мозга, нервной системы, ЖКТ, печени, сердечно-сосудистой системы; утомляемость, слабость, головные боли, сонливость, полиневрит, парестезия, кровоточивость десен и носа, анемия, лейкоз, токсический гепатит.
Четыреххлористый углерод (Ж)	Токсический гепатит: нарушаются функции печени; цирроз печени; поражения почек и нервной системы по типу токсического полиневрита; кожный дерматит.
Дихлорэтан (Ж)	Поражение печени, почек, нервной системы.
Трихлорэтан (Ж)	Поражение нервной системы и в большей степени черепных нервов: зрительного, подъязычного, тройничного; астенические состояния: утомляемость, головные боли, потеря аппетита, нарушения сна.
Анилин (Ж)	Поражается кровь, ЦНС, печень.
Нитробензол (Ж)	Поражается ЦНС, более выраженные изменения в крови и печени.
Тринитротолуол (Т)	Поражается ЦНС: головная боль, утомляемость; диспепсия, токсический гепатит; катаракта глаз; кожа становится сине-серой; угнетение желудочной секреции вплоть до ахилии

* Принятые в таблице сокращения: Ж – жидкость; Т – твердое тело; Г – газ; ЖКТ – желудочно-кишечный тракт; ЦНС – центральная нервная система.

Механизмы развития толерантности (терпимости) неоднозначны. При оценке влияния привыкания организма на токсичность вещества надо учитывать развитие повышенной устойчивости к одним веществам после повторного воздействия других. Существуют вещества – “адаптогены" (витамины, женьшень, элеутерококк), способные уменьшить реакцию организма на стрессорные воздействия и в определенной мере увеличить его устойчивость ко многим факторам среды обитания, в том числе и химическим. Известно также, что прерывистое действие вредного вещества в течение дня оказывает более сильное воздействие на организм человека по сравнению с непрерывным воздействием.

8.4 Пути обезвреживания ядов организмом человека

Вредные вещества, поступившие в организм, подвергаются различным химическим превращениям: биотрансформации или метаболизму. Биологическая направленность физико-химического взаимодействия ядов с клеточными мембранами, белковыми структурами и другими компонентами клеток и межтканевой среды – обезвреживание ядов различными путями.

Первый и главный путь обезвреживания – изменение химической структуры ядов. Например, органические соединения подвергаются чаще

всего гидроксилированию, ацетилированию, окислению, восстановлению, расщеплению, метилированию, что в конечном итоге приводит большей частью к возникновению менее ядовитых и активных в организме веществ.

Определенную роль в снижении острого действия ядов играет и второй путь – депонирование. Депонирование (откладывание в тех или иных органах) является временным путем уменьшения количества циркулирующего в крови яда. Например, тяжелые металлы (свинец, кадмий) часто откладываются в костях, печени, почках, некоторые вещества – в нервной системе. Процесс этот сложен и не является полноценным методом обезвреживания, так как яды могут из депо вновь поступать в кровь, вызывая обострение хронического отравления. Поступление ядов из депо в кровоток может резко возрастать при нервном напряжении, заболевании, приеме алкоголя.

Третий путь обезвреживания ядов – выведение их из организма – происходит разными путями: через органы дыхания, пищеварения, почки, кожные покровы, железы. Пути выведения ядов зависят от их физико-химических свойств и превращений в организме. Например, органические соединения алифатического и ароматического рядов обычно частично выделяются в неизменном виде с выдыхаемым воздухом, а частично – в измененном виде через почки и желудочно-кишечный тракт. Тяжелые металлы, как правило, выводятся в основном через желудочно-кишечный тракт и почки. Меньшее значение имеет выделение через сальные и потовые железы. Некоторые яды (свинец, кобальт и др.) могут содержаться и в грудном молоке кормящих матерей.

8.5 Комбинированное действие промышленных ядов

Изолированное действие вредных веществ на производстве встречается редко; обычно работающие подвергаются одновременному воздействию нескольких веществ.

Комбинированное действие вредных веществ – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления. Различают несколько видов комбинированного (совместного) действия ядов:

Аддитивное *(однородное) действие* – суммарный эффект смеси равен сумме эффектов действующих компонентов. При количественно одинаковой замене их друг другом токсичность смеси не изменяется, и для гигиенической оценки воздушной среды применяется соотношение:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + ... + C_n/ПДК_n \leq 1,$$

где C_1, C_2,...C_n – концентрация каждого вещества в воздухе; $ПДК_1$, $ПДК_2$,...$ПДК_n$ – установленные предельно допустимые концентрации этих веществ.

Независимое действие – компоненты смеси действуют на разные системы, токсические эффекты не связаны друг с другом и в случае их возникновения (напр., гибели) они являются результатом воздействия одного или другого компонента, а не развития комбинированного эффекта.

Положительный синергизм (потенцирование) и отрицательный синергизм (депотенцирование, антагонизм) – комбинированное действие смеси веществ, которое по своему эффекту в первом случае больше, а во втором меньше, чем сумма действий отдельных веществ смеси. То есть при потенцировании действие одних веществ усиливает действие других (напр., сернистый ангидрид и хлор, алкоголь и ртуть и др.), а при депотенцировании действие одного вещества ослабляет действие другого (например, эзерин и атропин и др.).

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на *четыре* класса опасности: чрезвычайно опасные, высокоопасные, умеренно опасные, малоопасные. Нормы, определяющие класс опасности производственных ядов, приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Нормы, определяющие класс опасности производственных ядов

Показатель	**Класс опасности**			
	1	**2**	**3**	**4**
Предельно-допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м^3	Менее 0,1	0,1…1	1,1…10	Более 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15…150	151…5000	Более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100…500	501…2500	Более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м^3	Менее 500	500…5000	5001…50000	Более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300…30	29…3	Менее 3
Зона острого действия	Менее 6,0	6,0…18,0	18,1…54,0	Более 54,0
Зона хронического действия	Более 10	10…5	4,9…2,5	Менее 2,5

Примечание. **Средняя смертельная доза при введении в желудок** – доза вещества. вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок: **средняя смертельная доза при нанесении на кожу** – доза, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу; **средняя смертельная концентрация в воздухе** – концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух-четырехчасовом ингаляционном воздействии; **коэффициент возможности ингаляционного отравления** – отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20°С к средней смертельной концентрации вещества для мышей; **зона острого действия** – отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций; **зона хронического действия** – отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне

целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по четыре часа пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от значения показателей, указанных в таблице 14. При оценке опасности по ряду показателей для одного вещества можно получить разные классы, но определяющим должен быть тот, который выявляет наибольшую степень опасности.

Некоторые металлы, а также четыреххлористый углерод, по средней смертельной концентрации можно отнести к 3-4-му классу опасности, но поскольку они обладают кумулятивным действием и отдаленными последствиями, то класс опасности становится собирательным, интегральным, и мы получаем 1-й или 2-й класс.

Глава 9. Сильнодействующие ядовитые вещества

9.1 Характеристика сильнодействующих ядовитых веществ

Из рассмотренных вредных веществ специалисты в области гражданской обороны, выделяют группу веществ, способных при авариях переходить в атмосферу и вызывать массовое поражение людей. Это так называемые сильнодействующие ядовитые вещества (СДЯВ). К этой группе относятся: хлор, аммиак, сернистый ангидрид, сероуглерод, окись углерода, синильная кислота, ртуть и др. При концентрациях в атмосфере, превышающих предельно допустимые значения, они вызывают острые отравления, в том числе со смертельным исходом. Краткая физико-химическая и токсическая характеристика некоторых веществ приведена в таблице 16 [16].

Основными производителями и потребителями СДЯВ являются отрасли химической, нефтеперерабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, предприятия пищевой отрасли, водопроводные и очистные сооружения. Также большое количество СДЯВ постоянно перевозится автомобильным и железнодорожным транспортом.

Например, за период 1996–1999 гг. в Республике Казахстан произошла 91 авария с выбросом СДЯВ (в т. ч. и радиоактивных веществ). Всего в республике более 400 объектов со СДЯВ, в том числе в г. Алматы – 14 объектов (около 418 т СДЯВ: аммиака – 398 т, хлора – 20 т).

Для характеристики токсичности СДЯВ используются такие показатели, как пороговая концентрация, предел переносимости, поражающая и смертельная концентрация.

Пороговая концентрация – это минимальная концентрация СДЯВ, вызывающая ощутимый физиологический эффект и первичные признаки поражения, но пораженные сохраняют работоспособность.

Предел переносимости – это минимальная концентрация СДЯВ, которую человек может выдержать определенное время без устойчивого поражения.

Воздействие высоких концентраций СДЯВ может привести к мгновенной смерти из-за рефлекторного торможения дыхательного центра. Например, для хлора мгновенная смерть наступает при концентрации 5... 10 мг/л, для аммиака – 50... 100 мг/л.

9.2 Прогноз масштаба заражения территории СДЯВ

Ядовитые вещества хранят в закрытых емкостях под давлением собственных паров (газов). При разрушении емкости давление падает до атмосферного, СДЯВ вскипает и распространяется в атмосферу в виде газа или пара. Облако ядовитого вещества, образовавшееся в момент разрушения емкости, называется первичным, а облако зараженного воздуха, образующееся из разлившейся части жидкости, называется вторичным.

Основной характеристикой зоны распространения химического заражения является глубина распространения воздуха, зараженного СДЯВ. Эта глубина зависит от концентрации СДЯВ и скорости ветра. Увеличение скорости ветра до 6-7 м/с и более способствует более быстрому рассеиванию облака. Повышение температуры почвы и воздуха ускоряет испарение СДЯВ, а следовательно, увеличивает концентрацию его над зараженной местностью. На глубину распространения СДЯВ и величину его концентрации в воздухе в значительной степени влияют вертикальные потоки воздуха. Их направление характеризуется степенью вертикальной устойчивости атмосферы. Различают три степени вертикальной устойчивости атмосферы: инверсию, изотермию и конвекцию.

Инверсия в атмосфере – это повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты, т. е. почва и прилегающие слои воздуха имеют более низкую температуру, чем верхние слои воздуха. Инверсионный слой препятствует развитию вертикальных движений воздуха и рассеиванию по высоте воздуха концентраций СДЯВ.

Изотермия характеризуется стабильным равновесием воздуха, что создается практически неизменной температурой воздушных слоев по высоте. Изотермия, так же, как и инверсия, способствует длительному застою паров СДЯВ на местности.

Конвекция в атмосфере – это вертикальные перемещения слоев воздуха с одних высот на другие: воздух более теплый и, следовательно, менее плотный, перемещается вверх, а воздух более холодный и более плотный – вниз. При конвекции наблюдаются восходящие потоки воздуха со скоростью от нескольких м/с до 30 м/с и более, что способствует рассеиванию зараженного облака и препятствует распространению СДЯВ.

Важной характеристикой СДЯВ и образуемой им зоны заражения является стойкость заражения, определяемая временем самодегазации СДЯВ.

Таблица 16 – Основные свойства СДЯВ, наиболее распространенных на объектах хозяйствования

Сильнодействующие ядовитые вещества	Плотность относительно воздуха, г/см^3	Т кипения, ^{0}С	Токсические свойства				Дегазирующее вещество
			Поражающая концентрация		Смертельная концентрация		
			Доза, мг/л	экспозиция	Доза, мг/л	экспозиция	
Аммиак	0,68	-33,4	0,2	6 ч	7	30 мин	Вода
Хлор	1,56	-34,6	0,01	1 ч	0,1-0,2	1 ч	Гашеная известь, щелочные отходы
Сернистый ангидрид	1,46	-10	0,4-0,5	50 мин	1,4-1,7	50 мин	Гашеная известь, аммиак, щелочи
Окись углерода		-190	0,22	2,5 ч	3,4-5,7	30 мин	
Сероуглерод	1,26	46	1,5-1,6	1,5 ч	10	1,5 ч	Сернистый натрий или калий
Треххлористый фосфор	1,53	74,8	0,08-0,015	30 мин	1,0-0,5	30 мин	Щелочи, аммиак
Фтористый фосфор	0,98	19,4	0,4	10 мин	1,5	5 мин	То же
Синильная кислота	0,7	25,6	0,02-0,04	30 мин	0,1-0,2	15 мин	То же

На скорость обеззараживания местности влияют, прежде всего испарение, впитывание в почву и химическое разложение СДЯВ. С увеличением температуры и скорости ветра нарастает испарение СДЯВ, а дождь уменьшает стойкость и способствует прониканию СДЯВ вглубь почвы, что ускоряет его химическое разложение.

Для городской застройки влияние ветра на стойкость заражения незначительно по сравнению с открытой местностью. Здания и сооружения в городе нагреваются солнечными лучами быстрее, чем в сельской местности. Поэтому здесь наблюдается интенсивное движение воздуха от периферии к центру по магистральным улицам. Это способствует проникновению СДЯВ во дворы, тупики, подвальные помещения и создает повышенную опасность поражения населения. Выходит, что стойкость СДЯВ в населенном пункте выше, чем на открытой местности.

В таблице 17 приведены расчетные ориентировочные значения глубины распространения СДЯВ, на которых создаются определенные их концентрации в воздухе [16].

Таблица 17 – Ориентировочные значения глубины распространения некоторых СДЯВ в условиях городской застройки (скорость ветра 1 м/с, инверсия), км

Количество СДЯВ, т	Глубина распространения поражающей концентрации			
	аммиака	хлора и фосгена	хлорпикрина	синильной кислоты
5	0,5	4	13	2,4
25	1,3	11,5	38,3	7,1
50	2,1	18	58,5	12
100	3,4	30	97	18

Окончание табл. 17

Количество СДЯВ, т	Глубина распространения смертельной концентрации			
	аммиака	хлора и фосгена	хлорпикрина	синильной кислоты
5	0,1	0,9	0,4	1,8
25	0,4	2,5	1	5,5
50	0,6	3,8	1,5	9
100	1	6,3	2,5	14

Примечания. 1. Табличные значения уменьшаются: при изотермии в 1,3; при конвекции в 1,6 раза.

2. При скорости ветра более 1 м/с применяется поправочный коэффициент:

Скорость ветра, м/с	1	3	5	7	9	10
Поправочный коэффициент	1	2,1	2,9	3,7	4,3	4,6

Ширина вторичного облака химического заражения СДЯВ принимается равной: при устойчивом ветре (колебания ветра от основного направления не более 6°) – 1/5 глубины, указанной в таблице; при неустойчивом ветре (колебания ветра от основного направления более 6°) – 4/5 глубины. На

крупномасштабных планах объектов в пределах территории объекта, кроме того, должны еще учитываться линейные размеры источника СДЯВ.

3. Для открытой местности значения глубины распространения увеличиваются в 3,5 раза.

Значение глубины распространения СДЯВ используют для определения размеров очага заражения и нанесения на план объекта или населенного пункта ориентировочных границ очага с учетом направления ветра, как показано на рисунке 7 [16].

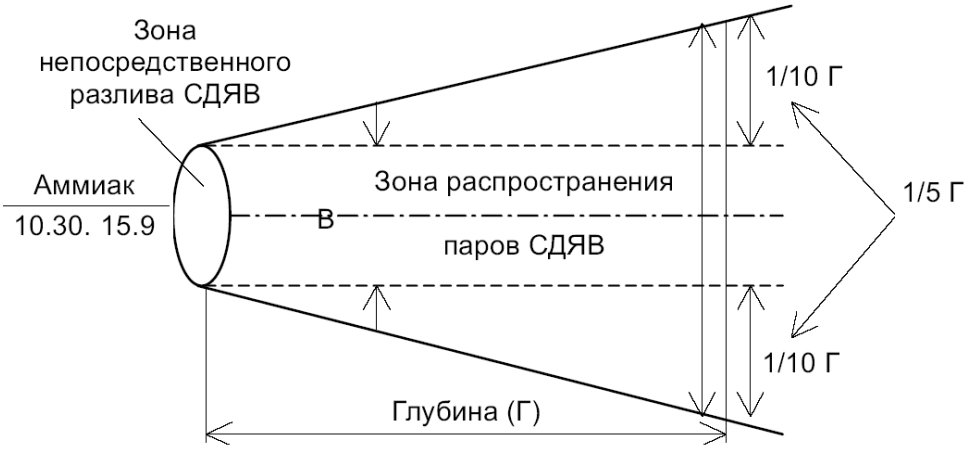


Рисунок 7 – Схема очага заражения, образованного СДЯВ

Как правило, вещества, имеющие температуру кипения выше 20°С (треххлористый фосфор, сероуглерод), испаряются медленно и длительное время находятся в местах разлива, а их пары распространяются на небольшие расстояния. Вещества, у которых температура кипения до 20°С (хлор, аммиак, сернистый ангидрид, окись углерода), при разливе быстро испаряются, пары их движутся по направлению ветра, и поэтому такие вещества в опасных концентрациях могут обнаруживаться на больших расстояниях от места аварии (см. таблицу 17).

9.3 Мероприятия по защите от СДЯВ

К ликвидации последствий аварийного разлива, выброса или истечения СДЯВ в первую очередь приступает личный состав штатной газоспасательной службы объекта. Их главной задачей является эвакуация работающих из опасных мест, оказание пострадавшим первой медицинской помощи, а также выполнение сложных аварийных работ в газоопасных местах. При необходимости привлекаются службы по чрезвычайным ситуациям – медицинские, противопожарные, охраны общественного порядка, аварийно-спасательные и др.

Порядок действия формирований при ликвидации заражения от СДЯВ в каждом конкретном случае зависит от вида ядовитого вещества, характера повреждений, технологической схемы производства и других условий.

Каждое предприятие, производящее или использующее СДЯВ, проводит работу по ликвидации аварийных ситуаций с выбросом СДЯВ на основе заранее разработанного специального плана, состоящего из организационных и инженерно-технических мероприятий, в состав которых включаются следующие задачи.

В организационном разделе:

– организация и поддержание в постоянной готовности системы оповещения рабочих и служащих объекта и проживающего вблизи населения;

– согласование с руководством гражданской обороны города (района) вопроса об использовании формирований других объектов и средств оповещения;

– обучение личного состава способам ликвидации очагов заражения СДЯВ и приемам оказания первой помощи и пользования средствами индивидуальной защиты;

– создание необходимого запаса средств индивидуальной защиты;

– обеспечение необходимого запаса дегазирующих средств (см. таблицу 16), а также оборудования для проведения дегазационных работ.

В инженерно-техническом разделе:

– снабжение емкостей и технологических линий автоматическими и ручными устройствами, предотвращающими утечку СДЯВ при аварии;

– усиление конструкций емкостей и коммуникаций или их защиту от возможности повреждения обломками зданий или сооружений при аварии;

– строительство под хранилищами со СДЯВ подземных резервуаров с водой для растворения их в случае разлива (для некоторых СДЯВ), а также чаш, ловушек и т. п.;

– строительство заглубленных или полузаглубленных хранилищ с обваловкой или их рассредоточение;

– оборудование рабочих помещений объекта средствами аварийной сигнализации.

Для каждого производственного участка, содержащего СДЯВ, в этом плане указывается количество привлекаемых сил и средств для ликвидации аварии, их задачи, отводимое время на выполнение работ и лицо, ответственное за проведение работ.

План предусматривает также порядок:

– оповещения личного состава формирований о немедленном сборе;

– разведки очага заражения и обозначения его границ;

– оцепления очага заражения;

– проведения непрерывного метеорологического наблюдения и получения информации о направлении движения облака СДЯВ;

– укрытия в защитных сооружениях или вывод за границы очага заражения рабочих, служащих и населения;

– организации спасательных работ и оказания медицинской помощи пострадавшим;

– проведения неотложных аварийно-восстановительных работ по ликвидации аварии;

– дегазации СДЯВ в местах его выделения в атмосферу и на путях распространения паров;

– дегазации территории, сооружений и оборудования;

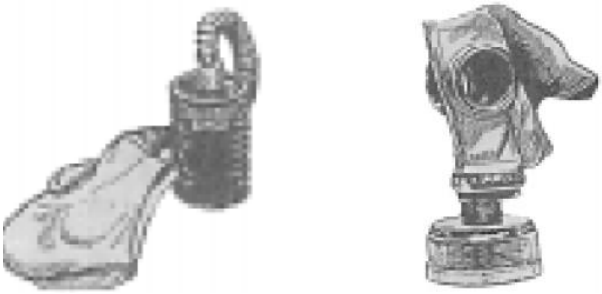
– специальной обработки людей.

9.4 Средства индивидуальной защиты

Как правило, при проведении аварийно-спасательных работ личный состав использует средства индивидуальной защиты. В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяются респираторы (РПГ-67, РУ-60М, рисунок 8), фильтрующие противогазы (гражданские – ГП-5, ГП-7; промышленные (рисунок 9)) и изолирующие противогазы (ИП-4М, ИП-4 и ИП- 5 (рисунок 10) или шланговые) [17].

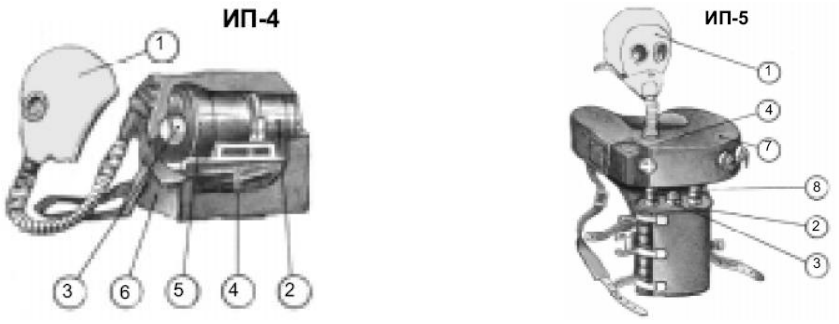
а б

Рисунок 8 – Респираторы фильтрующие: а – РПГ-67; б – РУ-60М



а б

Рисунок 9 – Противогазы промышленные: а – большого габарита; б – малого габарита



а б

Рисунок 10 – Изолирующие противогазы: 1 – лицевая часть; 2 – регенеративный патрон; 3 – пусковое приспособление; 4 – дыхательный мешок; 5 – каркас; 6 – сумка; 7 – чехол; 8 – нагрудник

В конструкции промышленных противогазов и респираторов предусмотрена смена фильтрующих коробок и патронов, что позволяет, в зависимости от типа коробок, защищать органы дыхания и лицо практически от всех промышленных СДЯВ. Характеристики приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Классификация промышленных противогазов

Тип коробки	Окраска	От каких веществ защищает
А	Коричневая	Бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, анилин
В	Желтая	Сернистый ангидрид, хлор, сероводород, синильная кислота, окислы азота, хлористый водород, фосген
Г	Желто-черная	Металлическая ртуть и ее соединения
С	Голубая	Сернистый ангидрид
Е	Черная	Мышьяковистый и фосфористый водород
К	Зеленая	Пары аммиака
КД	Серая	Смесь сероводорода и аммиака
СО	Белая	Окись углерода
КВ	Желто-серая	Смесь двуокиси азота и аммиака
сох	Защитная	Окись углерода, хлор, производственная пыль
м	Красная	От всех вышеперечисленных веществ, но с меньшими защитными свойствами
БКФ	Защитная	Кислые газы, мышьяковистый водород, дым, пыль, ядовитые туманы

Гражданские противогазы ГП-5 и ГП-7 укомплектованы фильтрующей коробкой типа “В”. В целях расширения их защитных свойств на другие ядовитые вещества они стали комплектоваться дополнительными газовыми патронами типа ДПГ-1 или ДПГ-3.

Время защитного действия противогазов и респираторов может составлять от нескольких минут до нескольких часов и зависит от вида и концентрации вредного вещества в воздухе и от интенсивности работы человека [16, 17]. Время защитного действия приведено в таблицах 19 и 20.

Однако применение противогазов и респираторов фильтрующего типа, как гражданских, так и промышленных, недопустимо при высоких концентрациях СДЯВ, а также при недостатке – менее 18% по объему – кислорода (например, при работе в замкнутом объеме). В таких случаях применяют изолирующие противогазы (см. рис. 10), которые обеспечивают защиту органов дыхания, глаз и кожи лица от любых СДЯВ независимо от свойств и концентрации. Они позволяют работать даже там, где полностью отсутствует кислород в воздухе. С помощью противогазов ИП-4 и ИП-5 можно выполнять легкие работы под водой на глубине до 7 м.

Таблица 19 – Время защитного действия гражданского противогаза, мин

Вид СДЯВ	Концентрация, мг/л	Противогаз		
		ГП-7-В	ГП-7-ВсДПГ-1	ГП-7-ВсДПГ-3
Аммиак	5	-	30	60
Хлор	5	40	80	100
Сероводород	10	25	50	50
Двуокись азота	1	-	30	-
Тетраэтилсвинец	2	50	500	500
Окись углерода	3	-	40	-
Нитробензол	5	40	70	70

Окончание табл. 19

Вид СДЯВ	Концентрация, мг/л	Противогаз		
		ГП-7-В	ГП-7-ВсДПГ-1	ГП-7-ВсДПГ-3
Сероуглерод	5	40	40	40
Сернистый ангидрид	2	60	60	60
Окись этилена	1	-	25	-
Хлористый метил	0,5	-	35	-
Фенол	0,2	200	800	800
Диметиламин	5	-	60	80
Соляная кислота	5	20	30	30
Этилмеркаптан	5	40	120	120
Фурфурол	1,5	30	400	400

Примечание. 1. Детские противогазы обеспечивают защиту в два раза выше, чем ГП-7. 2. Время защиты от синильной кислоты и фосгена составляет десятки часов.

Таблица 20 – Время защитного действия респираторов и промышленных противогазов при 15 ПДК, мин

Вид СДЯВ	Респиратор	Время защиты	Противогаз	Время защиты
Аммиак	РПГ-67-КД РЦ-60М- КД	4 2	КД с/ф КД б/ф	12 25
Бензол	РПГ-67-А РЦ-60М-А	80 60	А с/ф А б/ф	120 250
Дихлорэтан	РПГ-67-А РЦ-60М-А	40 40	А с/ф А б/ф	100 250
Синильная кислота		-	В с/ф Б б/ф	200 300
Окислы азота		-	В с/ф В б/ф	5 10
Пары ртути	РЦ-67-Г РЦ-60М-Г	25 15	Г с/ф Г б/ф	80 100
Сернистый ангидрид	РПГ-67-В РЦ-60М-В	15 6	В с/ф В б/ф	30 60
Фосген		-	В с/ф В б/ф	1500 2500
Хлор	-	-	В с/ф В б/ф	200 400
Окись углерода	-	-	БКФ СО	150 (при 6 мг/л)

Примечание: с/ф - коробка с аэрозольным фильтром; б/ф - коробка без аэрозольного фильтра.

Принцип работы противогазов ИП-4 и ИП-5 основан на выделении кислорода из химических веществ при поглощении углекислого газа и влаги, выдыхаемых человеком. Запас кислорода в регенеративном патроне позволяет выполнять работы в изолирующем противогазе при тяжелых физических нагрузках в течение 45 мин, при средних – 70 мин, а при легких или в состоянии относительного покоя – 3 часа.

Для защиты от отравления СДЯВ наряду со средствами индивидуальной и коллективной защиты применяют особые вещества – антидоты или противоядия. Антидоты способны обезвреживать СДЯВ, попавшие в организм человека. Механизм защитного действия антидотов различный. Некоторые антидоты, обладая рядом общих признаков с ядом, связывают его, образуя в организме безвредные соединения, другие – конкурируют с ядом по действию на ферменты, рецепторы, физиологические системы человека. Антидоты купируют или ослабляют синдромы отравления СДЯВ. Они внедряются внутрь путем ингаляции, в виде таблеток или инъекции (внутривенно или внутримышечно), заранее или сразу после отравления. Например, при отравлении окисью углерода внутримышечно вводится раствор ацизола на новокаине. Этот же раствор вводится в организм за 20–40 мин до входа в зону, содержащую окись углерода. Максимальный эффект достигается через один час после введения и сохраняется около трех часов.

Для повышения устойчивости организма человека к действию вредных веществ применяются лекарственные препараты, которые называются протекторами. Наиболее эффективно протекторы действуют в том случае, если они поступили в организм человека заблаговременно.

В случае если человек неожиданно попадает в зону действия отравляющих веществ, не имея при себе никаких защитных средств, то для личной безопасности ему необходимо:

– при воздействии хлора: закрыть рот и нос платком, смоченным водой, содовым раствором, нашатырем или мочой и, сориентировавшись, быстро покинуть зону в направлении, перпендикулярном движению воздуха;

– действия при отравлении аммиаком аналогичны тем, что и при воздействии хлора, только платок или любая ткань смачивается 5%-м раствором уксуса или лимонной кислоты или обильно водой.

9.5 Признаки отравления СДЯВ и первая помощь

Эффективность мероприятий, проводимых при ликвидации последствий заражения СДЯВ, намного повышается, если личный состав предприятий, а также население знают токсические свойства, признаки отравления СДЯВ и приемы оказания первой помощи пострадавшим.

Рассмотрим действие наиболее распространенных СДЯВ – хлора и аммиака, а также некоторых других, используемых в промышленности.

Хлор – газ желто-зеленого цвета с резким характерным запахом. Малорастворим в воде. Он тяжелее воздуха, поэтому скапливается в низких участках местности, в подвалах. В больших количествах используется для беления тканей и бумажной массы, обеззараживания питьевой воды и др. Перевозится в сжиженном состоянии под давлением в цистернах и баллонах. При выходе в атмосферу дымит. Сильно раздражает слизистые оболочки и кожу. Признаки отравления: резкая загрудная боль, сухой кашель, рвота, одышка, резь в глазах, слезотечение. До приезда врача пораженного следует вынести на воздух, дать кислород и не менее 15 минут промывать слизистые и кожу 2%-м раствором соды.

Аммиак – бесцветный газ с характерным резким запахом (нашатырный спирт). Он легче воздуха и хорошо растворяется в воде. Жидкий аммиак используется в качестве рабочего вещества в холодильных машинах, аммиачная вода применяется как удобрение. Перевозится в сжиженном состоянии под давлением в цистернах и баллонах. При выходе в атмосферу дымит. Сильно раздражает слизистые оболочки и кожные покровы, вызывает слезотечение. Острое отравление аммиаком приводит к поражению глаз и дыхательных путей, одышке и воспалению легких. Меры первой помощи: вынести на свежий воздух, обеспечить тепло и покой, дать кислород, промывать не менее 15 мин слизистые, кожу, глаза водой или 2%-м раствором борной кислоты.

Сероводород – бесцветный газ с неприятным запахом. Он тяжелее воздуха и растворим в воде. Пары образуют с воздухом взрывоопасные смеси. Раздражает слизистые оболочки, вызывает головную боль, тошноту, рвоту, боли в груди, ощущение удушья, жжения в глазах, появляется металлический привкус во рту, слезотечение. При возникновении таких признаков пострадавшего необходимо вынести на воздух, глаза и слизистые не менее 15 мин промывать проточной водой или 2%-м раствором борной кислоты.

Двуокись серы (сернистый газ) – бесцветный газ с характерным резким запахом. Хорошо растворим в воде. В больших количествах используется для выработки серной кислоты, находит применение в бумажном и текстильном производстве, при дезинфекции помещений. Действие малых концентраций двуокиси серы вызывает неприятный вкус во рту, раздражаются слизистые оболочки. При поражениях большими концентрациями появляется хрипота, одышка. Меры первой помощи: вынести пострадавшего на воздух, дать осторожно вдохнуть пары этилового спирта, эфира, напоить теплым молоком с содой, глаза промыть проточной водой.

Нитрил акриловой кислоты – бесцветная, легколетучая, низкокипящая жидкость с неприятным запахом, растворима в воде. Ее пары тяжелее воздуха, при взаимодействии с ним образуют взрывоопасные смеси. При горении кислоты выделяются ядовитые газы. Пары вызывают раздражение слизистых оболочек и кожи, способствуют возникновению головной боли, головокружения, слабости, тошноты, рвоты, одышки, покраснению и жжению кожи. В таких случаях пораженного надо вынести на воздух, обеспечить

покой и тепло, дать вдохнуть кислород, а также амилнитрит на ватке в течение 15-30 с, через 2-3 мин процедуру повторить.

Синильная кислота – прозрачная, очень летучая жидкость. Пары ее обычно бесцветны, обладают своеобразным дурманящим запахом. Хорошо смешивается с водой. Вызывает паралич дыхания. При отравлении ощущаются запах и вкус горького миндаля, а также металлический привкус во рту. Затем возникает чувство жжения в горле, небо и язык теряют чувствительность. Все это сопровождается шумом в голове, слюнотечением, тошнотой, рвотой. Усиливается удушье. Меры первой помощи: вынести на воздух, в течение двух минут (до восьми раз) через 30 с давать вдыхать амилнитрит, сделать искусственное дыхание, поставить грелки. Пострадавшему необходимо выпить крепкий кофе или чай.

Фосген – бесцветный газ, который при температуре ниже 8°С конденсируется (в бесцветную жидкость). Его запах напоминает запах прелых фруктов или сена. Он тяжелее воздуха, малорастворим в воде. Ядовиты только пары фосгена. Первые признаки отравления появляются не сразу (спустя 4–8 час.). Возникают незначительные позывы к кашлю, першение и жжение в носоглотке, затем начинается сильный кашель, одышка, лицо и губы синеют. Необходим полный покой, пораженный должен лежать на спине с грелкой, можно давать горячее питье и кислород.

Метилмеркаптан – бесцветный газ, с резким запахом, тяжелее воздуха. Вызывает раздражение слизистых оболочек и кожи. При вдыхании возникают головная боль, слабость, тошнота. Меры первой помощи: вынести на воздух, глаза и слизистые промыть 2%-м раствором борной кислоты, а кожу – водой (не менее 15 мин).

Бензол – бесцветная жидкость с характерным запахом. Ее пары тяжелее воздуха и образуют с ним взрывоопасные смеси. При вдыхании ощущается слабость, головная боль, головокружение, появляются сонливость, тошнота, рвота, мышечные подергивания, зуд и покраснение кожи. Пострадавший может потерять сознание. Его выносят на воздух, обеспечивают покой, тепло и дают увлажненный кислород. Необходимо сменить одежду и белье, обмыть тело теплой водой с мылом.

Глава 10. Химические опасности военного времени

10.1 Общая характеристика химического оружия

Документы о запрещении химического и биологического оружия: Гаагские Соглашения 1899 и 1907 годов, Женевский Протокол 1925 года, Химическая Конвенция 1993 года. Промышленная революция в конце XIX века привела к возможности применять ядовитые вещества как боевое оружие:

– 1853–1856 гг. в Крымской войне во время осады Севастополя английская армия применяла сернистый газ для «выкуривания» обороняющихся русских гарнизонов из инженерных сооружений;

– 1899–1902 гг. во время англо-бурской войны англичане применяли экспериментальные артиллерийские снаряды, начиненные пикриновой кислотой, способной вызывать рвоту у пострадавших.

Опасный характер химического оружия (ХО) вызвал беспокойство мировой общественности и на двух международных Гаагских конференциях (1899 и 1907 годы) были приняты соглашения, запрещающие применять ядовитые вещества в военных целях.

В Первую мировую войну эти соглашения были нарушены. Всего в Первую мировую войну было применено 125 тыс. тонн различных ОВ, таких как хлор, фосген, дифосген, хлорпикрин, синильная кислота, дифенилхлорарсин, иприт и т.д., всего 45 типов ОВ, из них 4 кожно-нарывных, 14 удушающих, 27 раздражающих. Поражено 1 млн. 300 тысяч человек (то есть на 1 тонну ОВ примерно 10 пораженных), из них 100 тысяч погибло.

После этой войны в 1925 году 37 государств подписали в Женеве «Протокол о запрещении применения на войне удушливых, ядовитых или других подобных газов и бактериологических средств». СССР ратифицировал этот Протокол в 1928 году, а США в 1975.

Несмотря на Женевский протокол, химическое оружие в крупных масштабах было применено в двух войнах:

– 1935–1936 гг. во время Итало-Эфиопской (Абиссинской) войны итальянцы применяли фосген и иприт. Было произведено 19 авиационных налетов, поражено 250 тыс. человек, из них 15 тыс. погибло;

– 1937–1943 гг. во время японо-китайской войны примерно 10% потерь были за счет применения химического оружия.

Во Вторую мировую войну ХО широкого применения не нашло. Однако оно играло роль сдерживающего фактора.

После Второй мировой войны благодаря научно-технической революции произошла революция и в области химического оружия. Полигонами по испытанию новых видов ХО стали:

– 1951–52 гг. – Корея;

– 1961–71 гг. – Вьетнам, Лаос и Камбоджа.

В этих войнах было применено более 100 тыс. тонн различных БТХВ, что привело к поражению различной степени тяжести примерно 2 млн. человек, заражению 360 тыс. га земли, 500 тыс. га леса. Использовались дефолианты (в том числе и содержащие диоксин), гербициды, инкапаситанты (CS, ХАФ, адамсит, хлорпикрин, бромацетон, BZ):

– Палестина. Израиль применял против нее ОВ нервно-паралитического действия;

– Ангола, где ЮАР также применяли ОВ нервно-паралитического действия;

– Ирак и Иран. Здесь во время войны применялись ОВ типа иприт и азотистый иприт и типа зоман (GF), а также, возможно, табун, зарин;

– Никарагуа, Сальвадор, Гренада, Афганистан – во всех этих странах применялись, в той или иной мере БТХВ;

– Бразилия, где в 1984 г. Пентагон использовал дефолианты при строительстве дороги. Погибло 7000 человек.

В настоящее время химическим оружием обладают 30 стран. Несмотря ни на какие конвенции, химическое оружие разрабатывается во многих странах мира и планируется его применение в больших войнах, локальных конфликтах и при проведении террористических акций, таких как в токийском метро. Во Вьетнаме, в Палестине, в Анголе, в Ираке - везде применялось химическое оружие.

Химическое оружие (ХО) – это оружие, поражающее действие которого основано на применении боевых токсичных химических веществ (БТХВ). Оно рассматривается как оружие оперативно-тактического назначения. Оно применяется внезапно, массированно, на основе простых планов и при строгом соблюдении единства командования, в сочетании с обычным и ядерным оружием. Применением ХО решаются три задачи:

– поражение людей;

– уничтожение растительности;

– сковывание работы объектов и учреждений.

Система химического оружия включает два компонента: БТХВ и средства их применения.

К БТХВ относятся три группы веществ: отравляющие вещества (ОВ), токсины и фитотоксиканты. ОВ и токсины предназначены для поражения людей и животных, а фитотоксиканты – для поражения растительности.

Отравляющие вещества – химические соединения, вызывающие при их боевом применении поражение живой силы, а также заражение воздуха, местности, техники и обмундирования. В настоящее время на вооружении состоят следующие ОВ смертельного действия: VX, GB, HD. А из ОВ, временно и кратковременно выводящих из строя, на вооружении состоят – BZ, CS, CR.

Токсины – химические вещества белковой природы, обладающие высокой токсичностью и способные при их применении поражать людей и животных. Токсины, в отличие от ядов небелковой природы, вырабатывают в организме иммунитет. В настоящее время на вооружении состоят две рецептуры на основе токсинов: XR – ботулинический токсин типа «А», токсин смертельного действия, PG – стафилококковый энтеротоксин типа «Б», вызывает рвоту [18].

Фитотоксиканты – токсичные химические вещества, предназначенные для поражения различных видов растительности. В настоящее время на вооружении находятся три рецептуры: «Оранжевая», «Белая», «Синяя».

К числу параметров, по которым целесообразно характеризовать БТХВ, отнесем: тактическое назначение, быстродействие, стойкость и токсичность.

Средства применения БТХВ. Для применения БТХВ существует современная система средств их применения. Эта система включает

химические боеприпасы и боевые приборы, позволяющие применять ХО на всю глубину оперативного построения сил. Основным носителем ХО является авиация, имеющая на вооружении химические авиабомбы, кассеты разового действия, а также кассетные установки для выстреливания ХБП; выливные и распылительные авиационные приборы. Второе по значению место занимают ракетно-артиллерийские средства. Кроме того, на вооружении многих армий имеются химические средства ближнего боя, такие как химические генераторы аэрозолей, химические фугасы, химические шашки, гранаты и патроны.

При применении химического оружия люди могут получить поражения различными путями: через органы дыхания – ингаляционные; через кожные покровы – кожно-резорбтивные; при ранении осколками боеприпасов, снаряженных отравляющими веществами; при употреблении зараженных продуктов и воды (перроральные).

Химические поражения подразделяются на легкие, средние, тяжелые и смертельные.

Под потерями от воздействия химического оружия понимается количество населения, потерявшего боеспособность вследствие получения поражений отравляющими веществами не менее средней степени.

Следовательно, к общим потерям относят всех, кто получил: поражения средней тяжести и нуждается в госпитализации на срок от 7 до 30 суток; тяжелые поражения, приводящие к госпитализации на срок более месяца; смертельные поражения со сроком наступления летального исхода от нескольких секунд до нескольких суток. В некоторых случаях к общим потерям относят и людей, нуждающихся в госпитализации на срок от 2 до 14 суток.

К безвозвратным потерям относятся погибшие непосредственно в период применения химического оружия, умершие в ходе лечения, а также получившие пожизненную инвалидность.

Люди, получившие поражения не ниже средней тяжести, требуют оказания медицинской помощи, эвакуации из очага поражения и последующей госпитализации. При лечении таких пострадавших возможно возвращение к трудовой деятельности до 70-80% из них по истечении 2–8 недель, от 20% до 30% могут составить безвозвратные потери. Потери людей в зонах распространения боевых токсических веществ в зависимости от метеоусловий и рельефа местности могут составить от 2% до 10%.

При выявлении последствий, характеризующих воздействие химического оружия на людей, необходимо учитывать и факторы, ограничивающие его дееспособность в течение некоторого времени. Ограничения дееспособности возникают вследствие объективной необходимости обеспечения безопасности людей при контактах с техникой и сооружениями, зараженными боевыми токсичными веществами, а также необходимостью пребывания в средствах индивидуальной защиты.

Критериями ограничения в таких случаях являются:

– при действиях на зараженной технике – время ее естественной дегазации или продолжительность полной специальной обработки;

– при действиях в средствах индивидуальной зашиты – предельные сроки непрерывного пребывания в средствах защиты и время их защитного действия.

Время естественной дегазации зависит от вида вещества, его стойкости, способа применения и метеорологических условий. Если оно достаточно велико, то необходимо проведение полной специальной обработки техники, имущества и средств защиты. При этом критерием ограничения боеспособности является продолжительность периода от момента заражения до окончания полной специальной обработки. Если же меры безопасности не соблюдаются, то возможны дополнительные потери людей от контакта с зараженной техникой.

В случае, если люди какое-то время вынуждены действовать в зонах химического заражения, необходимо учитывать также время защитного действия средств индивидуальной защиты, по истечении которого могут возникнуть дополнительные потери из-за «пробоя» шихты противогазов или преодоления средств защиты кожи, а также из-за превышения времени непрерывного пребывания в средствах защиты. Пребывание в СИЗ более допустимых сроков приводит к потере дееспособности из-за тепловых ударов или по другим причинам.

10.2 Параметры боевых токсичных химических веществ

К числу параметров, по которым целесообразно характеризовать боевые токсичные химические вещества (БТХВ), относятся: тактическое назначение; боевое состояние; быстродействие; стойкость; токсичность.

По тактическому назначению БТХВ можно разделить:

– БТХВ смертельного действия (XR,VX, GB, HD);

– БТХВ, временно выводящие из строя на срок от 2-х до 5 суток (BZ, PG);

– БТХВ, кратковременно выводящие из строя на срок до нескольких часов (CS, CR, CH);

– БТХВ, предназначенные для поражения растительности (оранжевая, белая и синяя рецептуры).

Боевым состоянием БТХВ называют раздробленное их состояние в виде твердых или жидких частиц различных размеров. Видами боевого состояния являются пар, аэрозоль и капли.

Пар – это вещество, находящееся в газообразном состоянии.

Аэрозоли представляют собой неоднородные системы, состоящие из взвешенных в воздухе твердых или жидких частиц вещества. Частицы размером от 0,01 до 10 мкм образуют тонкодисперсные (неоседающие) аэрозоли, которые очень долго не оседают и легко проникают как в легкие человека, так и в различные помещения и укрытия. Частицы размером 100

мкм образуют грубодисперсные (оседающие) аэрозоли, которые под действием силы тяготения оседают на подстилающую поверхность.

Капли – это частицы размером 500 мкм и более, которые по сравнению с грубодисперсными аэрозолями слабо подвергаются рассеивающему действию турбулентной диффузии и практически полностью оседают в районе их образования.

БТХВ в состоянии пара и неоседающего аэрозоля заражают воздух и поражают людей через органы дыхания (т.е. наносят ингаляционные поражения).

БТХВ в состоянии оседающего аэрозоля и капель заражают различные поверхности и поражают людей, как через органы дыхания, так и через кожу (т.е. наносят кожно-резорбтивные поражения).

Быстродействие БТХВ характеризует скорость наступления поражающего действия. По быстродействию различают:

– БТХВ быстрого действия. При поражении этими веществами, в течение срока продолжительностью от нескольких секунд до нескольких десятков минут, наступает ожидаемый поражающий эффект (смерть, утрата дееспособности, гибель растительности);

– БТХВ замедленного действия. При поражении ими наблюдается период скрытого действия продолжительностью от 1-го часа до суток.

Быстродействие зависит не только от типа БТХВ, но также от его боевого состояния, дозы и пути воздействия на организм. Так VX при воздействии через органы дыхания действует быстро (смерть наступает в течение 5 мин), а при воздействии через кожу действует замедленно (смерть наступает через 2–6 часов).

Стойкость БТХВ характеризует продолжительность химического заражения местности (акватории) и объектов на ней. По стойкости БТХВ подразделяются на стойкие и нестойкие.

К стойким веществам, поражающее действие которых сохраняется не менее трех часов, относятся VX, HD, CS-1 (14 суток), CS-2 (30 суток), GP, GD.

К нестойким веществам, поражающее действие которых сохраняется не более 2-3 часов после их боевого применения, относятся GB, BZ, CS, XR, PG.

Для повышения стойкости БТХВ применяются следующие способы: создание рецептур стойких и нестойких БТХВ (GB с VX); использование сорбентов (в рецептурах CS-1 и CS-2 в качестве сорбента используется силикагель); микрокапсулирование БТХВ.

Токсичность БТХВ определяет их способность вызывать такие изменения в организме, которые приводят человека к потере дееспособности или к гибели.

Токсичность характеризуется токсодозой. При ингаляционных поражениях под токсодозой понимают произведение средней концентрации вещества в воздухе на время пребывания человека в зараженной атмосфере.

Токсичность БТХВ смертельного действия обычно характеризуют величиной средней смертельной токсодозы $LC_{т50}$ (гмин/м^3). Такая доза вызывает смертельный исход у 50% пораженных.

Токсичность БТХВ, временно-выводящих из строя, обычно характеризуют величиной средней выводящей из строя токсодозы IC_{50} (гмин/м^3). Такая доза вызывает вывод из строя 50% пораженных.

При кожно-резорбтивных поражениях токсичность характеризуют величиной средней смертельной токсодозы LD_{50} (г/кг или г/чел). Под средней смертельной токсодозой понимается масса вещества на 1 кг веса или на одного человека, вызывающая смертельный исход при попадании на кожу у 50% пораженных.

При перроральном поступлении ФОВ в организм с продуктами питания или питьевой водой первые симптомы поражения появляются через 5–30 мин.

10.3 Характеристика боевых отравляющих веществ

Ви-Икс (VX) – О-этил-S-2-(N,N,-диизопропиламино) этилметил-тиолфосфонат. Смертельное отравляющее вещество (ОВ). Основное боевое состояние – грубодисперсный аэрозоль или капли. В этом состоянии оно действует через кожный покров, проникает через одежду. Период скрытого действия – несколько часов. При переводе его в пар или тонкодисперсный аэрозоль поражает через органы дыхания в течение нескольких минут. Наиболее токсичное из всех известных ОВ. $LCт_{50}$ = 0,01 мг·мин/л; LD_{50} = 0,007 г/чел (0,1 мг/кг). Наиболее стойкое из всех известных ОВ (от нескольких суток до нескольких месяцев). Применяется как для поражения людей, так и для длительного заражения местности. Есть бинарный вариант VX-2, им снаряжены 203,2 мм гаубичный снаряд и ХАБ «Бигай».

VX ввиду его особо высокой кожно-резорбтивной токсичности применяется в боеприпасах дистанционного действия, с помощью которых образуется поток грубодисперсного аэрозоля. От размера частиц зависит скорость оседания их из воздушного потока, от которой, в свою очередь, зависит распределение вещества на поражаемой площади. Для артснарядов средний диаметр частиц аэрозоля VX должен быть равен 120–150 мкм, а высота разрыва снаряда над грунтом 10–20 м.

Средства доставки вещества VX более крупных размеров (боевые части тактических и оперативно-тактических ракет контейнерного снаряжения, ХАБ, ВАП) с целью достижения оптимального распределения вещества по площади цели приводятся в действие на высотах, достигающих, в зависимости от калибра боеприпаса и силы ветра в момент применения, 800-1200 м и более. В этом случае, для того чтобы частицы достигли грунта в заданном районе, они должны быть размером 400–600 мкм.

Зарин (GB) – изопропиловый эфир метилфторфосфоновой кислоты. Смертельное, нестойкое, быстродействующее ОВ. Основное боевое состояние – пар и тонкодисперсный аэрозоль. $LC_{т50}$ = 0,075 мг·мин/л; LD_{50} =1,5 г/чел (24 мг/кг). Есть бинарная рецептура GB-2, им снаряжен 155 мм гаубичный снаряд.

Зарин применяется в осколочно-химических снарядах, минах, кассетных элементах, снабженных взрывателем ударного действия. С помощью ВВ корпус БП разрывается на осколки, а зарин дробится, образуя облако паров и аэрозоля.

Для ФОВ одного вдоха воздуха (15 л), содержащего 2 мг зарина или 0,15 мг вещества VX, достаточно, чтобы получить смертельные поражения. Летальный эффект будет неотвратим, если на незащищенную кожу попадет несколько капель VX общим весом 100 мг. На самом деле, на одного пораженного приходится от 100 тысяч до 1 млн смертельных доз ОВ (т.е. коэффициент боевого использования Ки составляет от 10^5 до 10^6). Принимая Ки= 10^5, получим, что на одного пораженного надо израсходовать $0{,}15 \cdot 10^5$= 15000 мг = 15 г VX или $2 \cdot 10^5$ = 200000 мг = 200 г зарина.

При ингаляционном воздействии ФОВ появление симптомов поражения наблюдается в первые минуты, а при высоких концентрациях – моментально.

Кожно-резорбтивные поражения отличаются от ингаляционных наличием скрытого (латентного) периода действия. Продолжительность скрытого периода может составлять от нескольких десятков минут при воздействии летальных доз, до 10 часов и более – при меньших дозах.

Зоман (GD) – пинаколиловый эфир метилфторфосфоновой кислоты. Зоман рассматривается в качестве смертельного, стойкого, быстродействующего ОВ. Зоман применяется путем заражения атмосферы паром и тонко дисперсным аэрозолем, а также путем заражения местности и расположенных на ней объектов капельно-жидким веществом. $LC_{т50}$ = 0,03 мг·мин/л; LD_{50} = 1,4 г/чел.

Иприт (HD) – 2,2 дихлордиэтилсульфид. Смертельное, стойкое ОВ замедленного действия (период скрытого действия от 2-х до 6-ти часов). Основное боевое состояние – пар, аэрозоль, капли. $LC_{т50}$ = 1,5 мг·мин/л; LD_{50} = 5 г/чел (70 мг/кг). Поражает через органы дыхания, кожу, желудочно-кишечный тракт. Применяется главным образом для заражения местности и объектов.

Би-Зет (BZ) – 3-хинуклидиловый эфир бензиловой кислоты. Психохимическое, нестойкое, временно-выводящее из строя (до суток) ОВ слабозамедленного действия (период скрытого действия 0,5–1 час). Основное боевое состояние – тонкодисперсный аэрозоль (дым). Поражает высшую нервную систему через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт. Вызывает потерю ориентировки, зрительные и слуховые галлюцинации. IC_{50} = 0,11 мг·мин/л; $LC_{т50}$ =110 мг·мин/л.

Си-Эс (CS) – 2-хлорбензилиденмалонодинитрил. Раздражающее, нестойкое, временно-выводящее из строя (до 3 часов) быстродействующее ОВ. Основное боевое состояние – тонкодисперсный аэрозоль (дым). Раздражает глаза и верхние дыхательные пути. На местности может сохраняться от 15 до 30 суток. Широко применялось во Вьетнаме. IC50 = 0,02 мг·мин/л; $LC_{т50}$ = 61 мг·мин/л. Находилось на вооружении в армии США.

Применялось в так называемом экспериментальном варианте во время войны во Вьетнаме, сейчас, судя по всему, переведено в ограничено-табельные ОВ.

Си-Ар (CR) – дибензоксазепин. Раздражающее, нестойкое, временно-выводящее из строя, быстродействующее ОВ. Аналогично CS, но значительно токсичнее его. Обладает также сильным раздражающим действием на кожу. Основное боевое состояние тонкодисперсный аэрозоль (дым). IC_{50} = 0,005 мг·мин/л. $LC_{т50}$ = 350 мг·мин/л.

Хлорацетофенон (CN) – хлорметилфенилкетон. Раздражающее, нестойкое, временно-выводящее из строя, быстродействующее ОВ с запахом черемухи. Основное боевое состояние – тонкодисперсный аэрозоль (дым). Раздражает глаза и верхние дыхательные пути. IC50 = 0,08 мг·мин/л. LCt_{50} =10 мг·мин/л.

Таким образом, боевые отравляющие вещества – это вещества, составляющие основу химического оружия. Они могут в короткие сроки вызвать массовые поражения людей и животных и длительное время сохранять поражающее действие на зараженной территории (часы, сутки, недели). При боевом применении они могут переводиться в капельно-жидкое, аэрозольное состояние (мельчайшие капельки – туман или мельчайшие твердые частицы – дым) и парообразное (газообразное) состояние. Эффективность поражающего действия, быстрота и тяжесть развития отравления зависят от токсических свойств и количества вещества, попавшего в организм, от путей поступления вещества, а следовательно, от способов и средств его применения, от метеорологических условий, а также от состояния самого организма.

В настоящее время, в связи с большими запасами накопленного химического оружия, реально существующими региональными военными и социальными конфликтами, а также вследствие террористических актов и наличия у населения химических средств индивидуальной защиты, вероятность возникновения химических очагов заражения и отравления населения значительно возросла.

Характеристика степени опасности боевых отравляющих веществ приведена в таблице 21 [19].

Для спасения жизни пораженных веществами нервно-паралитического действия (зарин, зоман, V-газы) и некоторыми другими отравляющими веществами необходимо применять антидоты (противоядия). Эффективность антидотов проявляется в полной мере лишь при введении в начальном периоде отравления или в первые минуты после появления признаков тяжелого поражения (судороги). Проведение частичной санитарной обработки открытых участков кожи при воздействии зарина, зомана, V-газов или иприта, особенно в капельно-жидком состоянии, предупреждает или значительно снижает тяжесть поражения только в первые пять минут после контакта с отравляющими веществами. Поэтому мероприятия первой помощи пораженным должны осуществляться в наикратчайшие сроки. Решающее значение при этом приобретает оказание само- и взаимопомощи, а также

своевременное осуществление в последующем всех необходимых мероприятий лечения.

10.4 Характеристика токсинов и фитотоксикантов

Характеристика токсинов. Икс-Ар (XR) – ботулинический токсин типа А – серый порошок. Сильнейший из всех известных в настоящее время ядов смертельного действия (1 грамм XR содержит 8 млн смертельных доз). Стойкость ограниченная. Основное боевое состояние – тонкодисперсный аэрозоль. В этом состоянии действует в основном через органы дыхания. Период скрытого действия –от 3-х часов до 2-х суток. Смерть от паралича сердца и органов дыхания наступает через 1–10 суток. $LC_{т50} = 2 \cdot 10^{-5}$ мг·мин/л (для сухого вещества); $LC_{т50} = 10^{-4}$ мг·мин/л (для рецептур); $LD_{50} = 5{,}7 \cdot 10^{-5}$ мг/кг.

Пи-Джи (PG) – стафилококковый энтеротоксин типа В (SEB) – белый порошок. БТХВ временно-выводящего действия, выводит из строя на срок до 1 суток. Поражает через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, раны. Стойкость ограниченная. Основное боевое состояние – тонкодисперсный аэрозоль. Период скрытого действия при попадании в организм через органы дыхания – несколько десятков минут; через желудочно-кишечный тракт – от 0,5 часа до 6 часов. $LC_{т50} = 0{,}02$ мг·мин/л; $ID_{50} = 4 \cdot 10^{-4}$ мг/кг.

Характеристика фитотоксикантов. К фитотоксикантам относятся:

– гербициды, предназначенные для уничтожения сельскохозяйственных культур;

– дефолианты, вызывают опадение листьев деревьев и кустов;

– десиканты, вызывают быстрое засыхание листьев деревьев.

Оранжевая рецептура. Маслянистая жидкость темно-бурого цвета. Уничтожает посевы, деревья и кустарники. (Во Вьетнаме применялась армией США для уничтожения лесных массивов). Норма расхода – от 15 до 50 кг/га (для травы норму надо увеличивать).

Оранжевая рецептура содержит в качестве технологической примеси диоксин. Он очень ядовит для человека ($LD_{50} = 10^{-4}$ мг/кг). Гибель наступает через несколько недель. Дегазация затруднена.

*Белая рецептура***.** Порошок белого цвета. Применяется в виде водных растворов с добавкой ПАВ. Гербицид универсального действия. Для уничтожения лесов достаточно одной обработки. Содержание действующего начала – 25 %. Норма расхода в расчете на действующее начало составляет от 8 до 15 кг/га.

*Синяя рецептура***.** 40%-*й* водный раствор какодиловой кислоты. Формула какодиловой кислоты $(CH_3)_2AsH_2$. Вызывает высушивание и свертывание листьев. Растения погибают в течение 2–4 суток. Норма расхода для уничтожения сельскохозяйственных культур составляет от 3 до 8 кг/га. Для полного уничтожения растений требуется повторная обработка.

Таблица 21 – Характеристика степени опасности боевых отравляющих веществ

Характер действия	Вещество	Степень опасности	Примечание
Нервно-паралитическое	Зарин, зоман, V-газы,	Малоопасно 0,0000005 мг/л Опасно 0,00005 мг/л	Можно находиться без противогаза не более 10 мин. Находиться без противогаза нельзя.
Кожно-нарывное	Иприт	Малоопасно 0,002–0,003 мг/л Опасно 0,01 мг/л Очень опасно 0,3 мг/л	Можно находиться без противогаза не более 15 мин, а без средств защиты кожи не более 1 часа. Можно находиться без противогаза не более 5 мин, а без средств защиты кожи не более 15 минут. Пребывание в течении 2-5 мин без противогаза смертельно, а без средств защиты кожи приводит к тяжелому поражению.
Удушающее	Фосген, дифосген	Малоопасно 0,005–0,01 мг/л Опасно 0,15 мг/л Очень опасно 1,5–3,0 мг/л	Можно находиться без противогаза не более 1 часа. Пребывание без противогаза в течение 15 мин приводит к тяжелому отравлению. Пребывание без противогаза в течение 2-5 мин смертельно
Общеядовитое	Синильная кислота Хлорциан	Малоопасно 0,005–0,01 мг/л Опасно 0,1–0,2 мг/л Очень опасно 0,4–0,8 мг/л Малоопасно 0,005–0,01 мг/л Опасно 0,1–0,2 мг/л Очень опасно 0,4–0,8 мг/л	Можно находиться без противогаза не более 1 часа. Пребывание без противогаза в течение 15 мин приводит к тяжелому отравлению. Пребывание без противогаза в течение 2-5 мин смертельно. Можно находиться без противогаза не более 5 мин. Пребывание без противогаза в течение 5 мин приводит к тяжелому отравлению. Пребывание без противогаза в течение 5 мин смертельно.
Психохимическое	Би-зед (ВЦ)	0,1 мг/л	Пребывание в течение 30 мин без противогаза вызывает нарушение психики.
Раздражающее	Хлорацетофенон (ЦН) Си-Эс (СС) Адамсит (ДМ) Хлорпикрин	0,0001 мг/л 0,002 мг/л 0,000005 мг/л 0,0001 мг/л 0,0002 мг/л 0,01 мг/л 0,01 мг/л 0,08 мг/л 7 мг/л	Действие в течение 2 мин: Вызывает раздражение; Без противогаза непереносимо; Вызывает раздражение; непереносимо; Вызывает раздражение; непереносимо; Вызывает раздражение; непереносимо; Действие в течение 5 мин смертельно.

10.5 Нетабельные боевые токсические химические вещества

Карбаматы. Наиболее пригодными для использования в качестве ОВ являются арилкарбаматы, имеющие в своем составе четвертичную аммонийную группу. Они являются твердыми веществами, растворимыми в воде и гидролитически стойкими. Они могут применяться для заражения источников водоснабжения.

Диоксин. Он обладает токсичностью, примерно одинаковой с VX. По стабильности диоксин превосходит все современные ОВ. Поражения при воздействии диоксина наступают через дни и даже недели, что исключает его применение в ходе операций и боевых действий. В тоже время его можно использовать как средство ведения экологической войны. Один транспортный самолет способен рассеять от 60 до 80 тонн диоксина и вызвать катастрофически опасное заражение целого региона площадью 400 тысяч км^2.

Биорегуляторы. В результате развития биотехнологии стало возможно микробиологическое производство человеческих эндогенных биорегуляторов. Биорегуляторов в организме человека около 10 тысяч, они находятся в макроколичествах (пг/г ткани) и контролируют внутриклеточные процессы обмена веществ. Под их контролем находится психическое состояние, температура, давление и др. При дисбалансе биорегуляторов наступают расстройства, приводящие к потери работоспособности и даже смерти.

Иммобилизирующее оружие. К нему относят аэрозольные рецептуры, содержащие мощные современные анестетики или снотворные средства, при вдыхании которых человек теряет двигательную активность или засыпает.

10.6 Химические боеприпасы и приборы

Химический боеприпас – боевое средство применения БТХВ однократного использования (артиллерийские химические снаряды и мины, авиационные химические бомбы и кассеты, химические боевые части ракет, химические фугасы, химические шашки, гранаты и патроны).

Химический боевой прибор – боевое средство применения ОВ многократного использования (выливные авиационные приборы и механические генераторы аэрозолей БТХВ).

Система химических боеприпасов и приборов включает:

– химические боеприпасы и боевые приборы авиации (химические авиационные бомбы (ХАБ), химические авиационные кассеты (ХАК), выливные авиационные приборы (ВАЛ), распылительные авиационные приборы (РАЛ));

– химические боеприпасы ракет и артиллерии (химические боевые части ракет, мины, артиллерийские снаряды, реактивные снаряды);

– химические боеприпасы ближнего боя (химические фугасы, генераторы аэрозолей, химические шашки, гранаты и патроны).

Маркировка ХБП. Химические боеприпасы и боевые приборы имеют темно-серую окраску. На корпус боеприпаса (прибора) наносятся маркировка и кодовые обозначения (кодировка).

Маркировка включает тип ОВ, массовые знаки, калибр, модель боеприпаса, шифр боеприпаса и номер партии выпуска.

Кодировка осуществляется с помощью цветных колец, указывающих тип ОВ по физиологической классификации.

Зелеными кольцами обозначаются химические боеприпасы (приборы), снаряженные смертельными ОВ:

– нервно-паралитические ОВ (GD, GB, VX) – три зеленых кольца и надпись «GB GAS», «VX GAS»;

– кожно-нарывные ОВ (HD) – два зеленых кольца и надпись «HD GAS»;

– общеядовитые и удушающие ОВ – одно кольцо.

Красными кольцами обозначаются:

– два кольца боеприпасы и приборы, снаряженные ОВ, временно выводящими живую силу из строя (BZ – два красных кольца и надпись «BZ GAS»);

– одно кольцо обозначает химические боеприпасы и приборы, снаряженные ОВ раздражающего действия (CS, CR – одно красное кольцо и надпись на снарядах и бомбах «CS TAG», а на гранатах и патронах «CS RIOT»).

10.7 Химический терроризм

В мире существует реальная угроза применения химических веществ террористическими группировками против мирных граждан для достижения своих целей, что подтверждается ниже перечисленными фактами использования ХОВ.

В 1972 году в США была пресечена попытка националистической группы «Минитмены» с помощью синильной кислоты заразить систему кондиционирования воздуха в здании ООН в Нью-Йорке.

В середине 70-х годов антикастровские группировки в США получали от чилийской спецслужбы DINA зарин для использования его против своих противников.

В 1991 году американские неонацисты пытались применить синильную кислоту в синагоге.

В 1995 году чилийская правоэкстремистская группировка угрожала применением зарина в метро г. Сантьяго, если не будет выпущен на свободу генерал Контрерас.

В 1997 году Салман Радуев обещал применить ОВ против России. Известен случай отравления в Москве ОВ нервно-паралитического действия бизнесмена Кивилиди и его секретарши.

Судя по всему, боевики Бен Ладена располагают ОВ. В программе их подготовки существует раздел по работе с токсичными веществами и газами

типа «Зарин». Террористов обучают приемам изготовления стойких ОВ для заражения водоемов на основе химических препаратов, которые имеются в свободной продаже.

По оценкам командования ВС США в Европе подпольные структуры МФД (Бен Ладан) в Европе располагают зарядными устройствами с ОВ. В этой связи с 1 января 1999 года все подразделения ВС США в Европе и члены их семей получили средства защиты от ХО.

27 июня 1994 года в городе Мицумото (Япония) члены секты «Аум Сенрике» применили ОВ типа «Зарин». 7 человек погибло, 144 получили поражения различной степени тяжести.

3 марта 1995 года неизвестным ОВ было отравлено несколько пассажиров электропоезда в г. Иокогама.

20 марта 1995 года террористы практически одновременно в 8.00 утра на 5 линиях токийского метро применили ОВ типа «зарин». Было заражено 16 подземных станций метро, погибло 12 человек, получили отравления различной степени тяжести около 4 тысяч человек.

8 мая 1995 года полиция на станции метро Шинджуки обнаружила устройство с таймером. Оно должно было запустить реакцию с образованием синильной кислоты.

Специалисты по борьбе с терроризмом считают, что наиболее доступными химическими веществами для проведения терактов являются:

– токсичные гербициды и инсектициды;

– АХОВ: хлор, фосген, синильная кислота и другие;

– ОВ: зарин, зоман, Ви-Икс, иприт, люизит;

– психогенные и наркотические вещества;

– природные яды: стрихнин, рицин.

Эти вещества могут быть похищены с военных складов и из организаций, занятых разработкой и производством средств ПХЗ. Инсектициды, гербициды, фармацевтические препараты, полупродукты органического синтеза могут быть приобретены в сфере производства, хранения, торговли. Раздражающие средства для индивидуальной защиты (газовые баллончики с ХАФ, си-эс, капсаицином и т.д.) могут быть приобретены в торговой сети в больших количествах. Кроме того, ОВ могут быть изготовлены нелегально в лабораторных условиях. Так специалисты «Аум Сенрике» получили 6 литров зарина. Они готовились к производству ОВ типа «зоман» и «ви-икс».

Таким образом, получение высокотоксичных химических веществ для проведения терактов не является неразрешимой задачей. Более сложной является задача создания устройств для применения ОВ. Эти устройства должны быть портативны и походить на вещи, которые обычно перевозят пассажиры. В открытой литературе приведено описание двух типов устройств, используемых сектой «Аум Сенрике»:

– два герметичных пластиковых пакета, размещенные один в другом и содержащие в себе исходные компоненты для получения зарина. Запуск

устройства осуществляется прокалыванием пакетов острым наконечником зонтика. Через образовавшееся отверстие происходило смешивание исходных компонентов и образование паров зарина. Данное устройство очень простое, но оно опасно для самого террориста;

– на более высоком техническом уровне было выполнено устройство, обнаруженное полицией у турникетов токийского метро. Оно представляло собой небольшой чемодан (50×30×30 см). В нем располагались емкость с ОВ и ультразвуковой вибратор для получения аэрозоля. Для распыления аэрозоля использовался фен для сушки волос. Источником питания служили аккумуляторы. Была предусмотрена возможность дистанционного включения. Такая конструкция может быть использована не только для заражения воздуха парами ОВ, но и для распыления аэрозоля малолетучих ОВ и БС.

Объектами применения ХО могут быть крупные объекты с большим скоплением людей, а также системы водоснабжения городов, партии продуктов питания и напитков. Особую опасность представляет применение быстродействующих ФОВ в замкнутом объеме помещений с приточно-вытяжной вентиляцией. Большие скорости распространения воздушных потоков с ОВ в местах скопления больших масс людей могут привести к колоссальному числу жертв. Если бы террористы «Аум Сенрике» в помещении станций метро создали облако зарина с концентрацией выше 0,01 мг/л, то все находящиеся на станции пассажиры получили бы смертельное поражение в течение нескольких минут [20].

Глава 11. Пестициды и лекарственные препараты

11.1 Пестициды

Пестициды (от лат. pestis – зараза и caedo – убиваю), химические средства борьбы с вредоносными или нежелательными микроорганизмами, растениями и животными.

По своему назначению пестициды разделяют на инсектициды – средства борьбы с насекомыми, акарициды – с клещами, гербициды с нежелательной растительностью, альгициды – с водорослями, фунгициды с грибами, бактерициды с бактериями, моллюскоциды – с улитками и слизнями, нематоциды – с нематодами, зооциды с вредителями из числа позвоночных.

К пестицидам относят:

– репелленты и антифиданты – вещества, способные отпугивать вредные организмы;

– аттрактанты – привлекающие вещества, которые используют для дезориентации, контроля или послед, уничтожения определенных видов животных;

– гормональные инсектициды и хемостсрилизаторы – препятствуют нормальному развитию и размножению, а также вещества, по механизму

действия родственные гербицидам: регуляторы роста растений влияют на процессы роста и развития растений, дефолианты – удаляют листья, десиканты – подсушивают растения.

Пестициды относятся к ингибиторам (отравителям) ферментов (биологических катализаторов). Под действием пестицидов часть биологических реакций перестает протекать, и это позволяет:

– бороться с болезнями (антибиотики);

–дольше хранить пищу (консерванты);

– уничтожать насекомых (инсектициды);

– уничтожать сорняки (гербициды).

Пестициды применяются главным образом в сельском хозяйстве, хотя их используют также для защиты запасов продовольствия, древесины и других природных продуктов. Во многих странах с помощью пестицидов ведётся химическая борьба с вредителями лесов, а также переносчиками заболеваний человека и домашних животных (например, с малярийными комарами).

Страны – члены НАТО до сих пор не отказались от применения пестицидов в качестве химического оружия. Пестициды применялись ими как химическое оружие во Вьетнаме и ряде других государств.

Собственно пестициды (действующие вещества, или действующие начала) – природные или чаще всего синтетические вещества. Они почти всегда применяются не в чистом виде, а в виде различных композиций с разбавителями и ПАВ. Иногда используют специальные добавки, например, антидоты для растений, повышающие избирательность гербицидов, синергисты, повышающие активность инсектицидов.

Некоторые пестициды проявляют свое действие в газо- или парообразном состоянии (фумиганты): иногда используют так называемые пропестициды – вещества, которые превращаются в пестициды лишь во время их применения или после попадания в живой организм.

Известно несколько тысяч действующих веществ. В мировом ассортименте постоянно используется около 500 (в СССР на 1990 разрешено 273 вещества). Ассортимент пестицидов постоянно обновляется, что связано с необходимостью создания более эффективных и безопасных для людей и окружающей среды пестицидов, а также с развитием у насекомых, клещей, грибов и бактерий резистентности (устойчивости) при длительном применении одних и тех же пестицидов.

Основные характеристики пестицидов: активность по отношению к целевым организмам, избирательность действия, безопасность для людей и окружающей среды.

Активность пестицидов зависит от их способности проникать в организм, передвигаться в нем к месту действия и подавлять жизненно важные процессы, от количества пестицида и времени его воздействия. На практике мера активности пестицидов – норма расхода действующего

вещества на единицу площади (массы, объема), при которой достигается необходимый защитный эффект.

Избирательность пестицидов – способность уничтожать одни виды организмов, не затрагивая другие. Зависит от различий в биохимических процессах, ферментах и субстратах у организмов разных видов и, следовательно, от неодинаковой их способности к поглощению пестицидов и детоксикации (путем биоокисления, гидролиза и т.п.), а также от применяемых доз (с повышением дозы избирательность может утрачиваться).

Экологическая безопасность пестицидов связана с их избирательностью, а также большей или меньшей персистентностью – способностью сохраняться какое-то время в окружающей среде, не теряя своей биологической активности. Персистентность одного и того же пестицида может существенно меняться в различных объектах окружающей среды и в различных климатических условиях.

Многие пестициды токсичны для людей и теплокровных.

Среди пестицидов, используемых для защиты растений, различают *контактные пестициды* (действующие в местах соприкосновения) и *системные* (способные всасываться и передвигаться по сосудистой системе в разные части растения). Как правило, системные пестициды более эффективны.

Простейшие пестициды (сера, соединения As, экстракты некоторых растений) известны с давних пор, но широкое применение пестициды получили после второй мировой войны, став неотъемлемой частью сельскохозяйственного производства и важнейшим средством борьбы с членистоногими переносчиками малярии и других инфекционных заболеваний. Свыше 80% выпускаемых пестицидов используется в качестве химических средств защиты растений, остальные – в быту, здравоохранении, а также в промышленности (главным образом как антисептические средства).

Применение пестицидов в сельском хозяйстве способствует повышению его продуктивности и снижению потерь, однако сопряжено с возможностью попадания остаточных количеств пестицидов в продукты питания и экологической опасностью. Например, накопление пестицидов в почве, попадание их в грунтовые и поверхностные воды нарушает естественный биоценоз, оказывает вредное влияние на фауну и здоровье людей. Поэтому за ассортиментом и техникой применения пестицидов установлен жесткий контроль. Наибольшее применение находят пестициды с низкими нормами расхода (5–50 г/га); распространение получили также безопасные синтетические феромоны.

Во всех странах производство и использование каждого из пестицидов допускается лишь с разрешения государственных органов. Одновременно устанавливаются ПДК в воздухе и воде, допустимые остаточные количества в продуктах питания, методы аналитического контроля, а также правила транспортировки и хранения пестицидов.

Мировое производство пестицидов (действующих веществ) – около 2 млн т/год (1984), в том числе в США – 535 тыс. т/год (1986), в СССР – 327 тыс. т/год (1987) [21]. В настоящее время ожидается дальнейший рост производства пестицидов, поскольку экологически более безопасные альтернативные методы защиты растений (например, биологический) недостаточно разработаны, особенно в области борьбы с сорняками.

Долговременные эффекты пестицидов, особенно в низких дозах, и возможный синергизм их с другими загрязнителями среды и переносчиками болезней изучены слабо в связи с относительной новизной большинства ядохимикатов. Растут опасения, что «безвредные» следы их метаболитов, сохраняющиеся в пище, хотя и не оказывают токсического, а тем более летального действия, могут, тем не менее, снижать сопротивляемость болезням и постепенно накапливаться в организме до опасного уровня.

Пестициды (в т. ч. и консерванты) часто вызывают аллергию, диатез и некоторые другие заболевания. Особенно опасны системные пестициды, проникающие во все ткани животных и растений.

Каждый пестицидный препарат, будучи токсичным по отношению к живым организмам, не может не быть потенциально опасным для человека.

При поступлении в организм человека даже в очень малых количествах пестициды оказывают влияние на течение биологических процессов, нарушая их обычный ход и вызывая изменение различных физиологических функций, что проявляется в многообразии клинических форм отравлений.

Характер и выраженность клинических проявлений интоксикации пестицидами определяются многими факторами. Здесь следует отметить химическую структуру и физико-химические свойства данного соединения, пути поступления вещества в организм, концентрацию и длительность контакта с ядохимикатами.

Большое значение имеет состояние индивидуальной чувствительности организма к тому или иному пестициду. Известны случаи, когда в коллективах, работающих с ядохимикатами, признаки интоксикации развивались после кратковременного контакта с ними, у других – спустя довольно длительное время. Отдельные виды пестицидов обладают преимущественным или даже избирательным действием на отдельные органы и системы, что имеет значение при выборе наиболее адекватных методов терапии.

Для диагностики отравления пестицидами, наряду с непосредственным осмотром и обследованием, важное значениие имеют также результаты углубленных биохимических, иммунобиологических, аллергологических, электрофизиологических и других современных методов инструментального исследования, позволяющих выявить действие на организм даже крайне незначительных концентраций пестицидов. Естественно, что важность проведения такого обследования не должна умалять роль одновременного применения углубленных биохимических и других современных методов исследований, результаты которых необходимо учитывать при

окончательном решении вопросов о наличии или отсутствии действия пестицидов на человека.

Изменение общего состояния можно считать характерным для воздействия практически всех известных пестицидов. Ощущение общей слабости, упадок сил отмечаются как при острых, так и при хронических отравлениях.

Поражения нервной системы являются наиболее характерными для действия всех пестицидов. При этом в патологический процесс могут вовлекаться различные отделы центральной и периферической нервной систем.

Характер и выраженность возникающих изменений зависят от многих моментов. Среди них следует отметить длительность воздействия ядохимикатов, стадию и тяжесть интоксикации и др. Следует учитывать, что некоторые пестициды обладают отдаленным нейротоксическим действием.

11.1.1 Фосфорорганические пестициды

К наиболее широко применяемым пестицидам относятся фосфорорганические соединения (ФОС). Для этой группы характерна способность быстро гидролизоваться, с чем связан их слабый кумулятивный эффект. В основе действия ФОС на организм лежит способность угнетать ацетилхолин (локализованный в нервной ткани и эритроцитах) и псевдохолинэстеразу (находящуюся в печени и плазме крови).

Снижая активность эстераз, ФОС приводят к накоплению ацетилхолина, который парализует проведение нервных импульсов в холинергических синапсах ЦНС, соматических нервных волокнах, синапсах двигательных нейронов, парасимпатических и некоторых симпатических нервных окончаниях. ФОС являются, таким образом, ядами с действием, направленным на центральную и вегетативную нервную системы. В условиях производства и применения ФОС могут поступать в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, неповрежденную кожу.

На ранних стадиях интоксикации ФОС отмечаются кашель (с обильным выделением мокроты), болевые ощущения в грудной клетке, сердцебиение, одышка. При осмотре находят гиперемию конъюнктивы. слезотечение, усиленное потоотделение. Для интоксикации ФОС характерны двухфазные изменения функционального состояния ЦНС. В начале отравления развиваются возбуждение, ощущение беспокойства, головокружение, повышается рефлекторная возбудимость, возникают фибриллярные подергивания отдельных групп мышц, нарушается сон. Затем наступает угнетение ЦНС – апатия, замкнутость, развиваются состояние депрессии, сонливость, снижается концентрация внимания, речь становится смазанной, нарушается походка. Для тяжелых случаев отравлений, которые могут сразу протекать с явлениями угнетения и паралича ЦНС без стадии возбуждения, характерно развитие комы, возможно появление отека легких.

Действие ФОС на органы дыхания в легких случаях интоксикации проявляется одышкой с удлиненным свистящим выдохом, кашлем, усиленным выделением бронхиальной слизи. При тяжелых отравлениях могут развиться асфиксия, парез и паралич дыхательной мускулатуры. В начальном периоде интоксикации чаще всего возникает тахикардия, которая затем сменяется брадикардией. Часто развиваются аритмии, замедляется проведение возбуждения по миокарду, бывает предсердно-желудочковая блокада. Артериальное давление вначале повышается, затем снижается.

Для хронических отравлений ФОС характерны жалобы на нарушение обычного ритма сна – бессонница ночью и сонливость в дневное время. Несколько реже отмечаются жалобы на боли в области сердца, сердцебиение, одышку, возникающую при физических нагрузках.

При характерной для всех ФОС клинической картине отравлений сроки наступления интоксикации для отдельных препаратов и выраженность проявлений имеют свои отличия. Так, хлорофос оказывает токсическое действие при попадании на кожу, внутрь через органы дыхания. Для него характерно постепенное (спустя 5–15 дней) развитие поражения нервной системы.

Метафос, дихлофос, метилмеркаптофос, фталофос являются высокотоксичными соединениями. Их действие проявляется быстро, часто признаки интоксикации прогрессивно нарастают.

Наряду с этими и другими высокотоксичными ФОС имеются препараты с умеренной и низкой токсичностью (дифос, валексон).

11.1.2 Хлорорганические соединения

Хлорорганические соединения (ХОС) относятся к веществам, обладающим политропным действием. Они влияют на ЦНС как наркотики, в то же время многие из них вызывают возбуждение, обладают раздражающими свойствами, оказывают аллергизирующее действие на кожу и слизистые. ХОС при острых воздействиях вызывают раздражение слизистых глаз, носа. При попадании на кожу возникают зуд, покраснение, отечность, развиваются дерматозы, экземы.

Для соединений этой группы более характерны хронические отравления, которые могут возникать даже после недлительного контакта с препаратами. Действие ХОС характеризуется поражением нервной системы и паренхиматозных органов печени и почек. Наряду с этими основными проявлениями при интоксикации ХОС нарушается деятельность органов пищеварения, сердечно-сосудистой системы и кроветворения. При обследовании отмечаются снижение болевой чувствительности, отсутствие сухожильных рефлексов. При более тяжелых проявлениях интоксикации ХОС развивается картина полиневрита с вялыми параличами, расстройством дыхания, нарушением функции сфинктеров, судорогами. Дыхание учащено, выслушиваются рассеянные сухие и влажные хрипы, нередко развивается выраженный бронхоспазм.

При обследовании работающих в контакте с ХОС выявляются признаки диэнцефальных нарушений – головные боли, головокружение, повышение артериальною давления, нарушение кровообращения в конечностях, приступообразные боли в области правого подреберья, дискинезии желчевыводящих путей. Кроме того, возникают нарушения сердечно-сосудистой системы (болевой синдром, сердцебиения, систолический шум у верхушки сердца), снижается количество гемоглобина и эритроцитов, появляются лимфоцитоз, нейтропения, ускоряется СОЭ.

Изменения сердечно-сосудистой системы при действии ХОС носят выраженный характер. Выявляются замедление пульса, снижение артериального давления.

При интоксикации ХОС определяется болезненность по ходу поперечной ободочной кишки, восходящего и нисходящего отделов толстого кишечника, а также сигмовидной кишки.

11.1.3 Ртутьорганические соединения

Роль ртутьорганических соединений (РОС) заключается в блокировании сульфгидрильных групп тканевых белков и ферментных систем клеток, что приводит к нарушениям обменных и ферментативных процессов. РОС обладают способностью длительное время находиться в биосубстратах организма, задерживаться в печени, почках, кишечнике, головном мозге, могут проникать через гематоэнцефалический барьер, с чем связано преимущественное действие на нервную систему, органы кровообращения, почки.

Проявление признаков интоксикации РОС зависит от путей поступления. При попадании через органы дыхания первоначально проявляются признаки поражения нервной системы, через рот – желудочно-кишечного тракта. Развитие хронических интоксикаций определяется депонированием ядохимикатов, причем для действия РОС характерен длительный скрытый период от момента контакта до появления клинических проявлений. Наибольшее применение из препаратов этой группы имеют гранозан, меркузан, этилмеркурхлорид. Препараты этой группы проникают в организм через органы дыхания, пищеварения, слизистые оболочки и кожные покровы.

Острые интоксикации связаны обычно с вдыханием пыли ядохимикатов. Клинические проявления отравления РОС, независимо от путей поступления препаратов, аналогичны. Для острых отравлений характерны головная боль, головокружение, походка становится шаткой, появляются расстройства глотания, судороги икроножных мышц. Эти симптомы возникают на фоне прогрессивно нарастающей слабости. Постепенно повышается температура тела, в дальнейшем развиваются парезы и параличи. При тяжелых степенях отравления, которые в настоящее время практически не встречаются, обнаруживаются явления полимиелоэнцефалоневрита, коллапс. При хронической интоксикации РОС

отмечаются постепенное похудание, повышенная утомляемость, раздражительность, нарушение сна и памяти. В более тяжелых случаях появляются эмоциональная неуравновешенность, учащенное мочеиспускание, нарушается обычный ритм сна.

Одними из характерных признаков отравления ртутьсодержащими ядохимикатами являются усиленная жажда и обильное выделение мочи. При исследовании мочи иногда обнаруживаются в значительном количестве лейкоциты. Нередко встречается микрогематурия. При проведении функциональной пробы по Зимницкому отмечают наличие гино- и изостенурии. Иногда могут наблюдаться тяжелые поражения почек по типу острого диффузного гломерулонефрита.

11.1.4 Мышьяксодержащие пестициды

Мышьяксодержащие пестициды широко применяют в сельскохозяйственном производстве. Наибольшее распространение имеют арсенит натрия, мышьяковистый ангидрид, арсенат кальция, парижская зелень. Эти препараты поступают в организм через органы дыхания и пищеварения. Они способны депонироваться в печени, почках, костях, ногтях и волосах. Действие соединений мышьяка основано на их реакциях с сульфгидрильными группами клеточных ферментов. В результате этого образуются токсичные соединения, нарушающие функциональное состояние нервной и сердечно-сосудистой систем. При попадании мышьяксодержащих пестицидов внутрь возникают изменения слизистых желудка и кишечника, при поступлении их в дыхательные пути наблюдается раздражение носоглотки верхних дыхательных путей. Эта группа пестицидов оказывает также резко выраженное раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки.

Клиника острых отравлений сопровождается упорной рвотой, болями в эпигастральной области по ходу толстого кишечника, поносом, коллапсом, судорогами.

При хронических интоксикациях наблюдаются значительные изменения нервной системы, которые обнаруживаются на самых ранних стадиях интоксикации и проявляются повышением болевой чувствительности в дистальных отделах конечностей. Периферические нервные стволы оказываются резко болезненными при пальпации. В дальнейшем чувствительность снижается, иногда значительно, могут развиваться двигательные расстройства, парезы, параличи.

Нарушения техники безопасности при хранении и перевозке мышьяксодержащих препаратов могут приводить к выделению мышьяковистого водорода, являющегося сильным гемолитическим ядом. В результате возникает кислородное голодание, развивается поражение почек.

Больные жалуются на общую слабость, головную боль, боли в суставах, жажду, при обследовании выявляются гемоглобинурия, одышка, увеличение размеров печени.

11.1.5 Другие пестициды

В последние годы увеличивается число пестицидов группы *карбаматов* и *дитиокарбаматов* (цинеба, цирама. тиурама). Они проникают в организм через дыхательные пути, рот, неповрежденную кожу, обладают аллергенными свойствами, нарушают обменные и окислительно-восстановительные процессы, в частности, обмен нуклеиновых кислот.

По механизму действия сходны с ФОС: угнетают активность холинэстеразы, обладают мускарино- и никотиноподобным эффектами. При воздействии карбаматов отмечаются затруднения концентрации внимания, замедление ответной реакции, смазанность речи, мышечная слабость, при тяжелых интоксикациях – кома с отсутствием рефлексов, судороги, подъем и падение артериального давления.

Хронические интоксикации дитиокарбаматами проявляются поражением кожи и слизистых, печени, желудочно-кишечного тракта, нервной системы, щитовидной железы. При этом возникают дерматиты контактной и аллергической природы, гепатопатии с нарушением белковой, углеводной функций печени, носовые кровотечения, усиленное потоотделение. При длительном стаже работы с дитиокарбаматами отмечены снижение функциональной активности щитовидной железы, развитие ожирения.

11.1.6 Оказание первой помощи при отравлении пестицидами

Первым мероприятием по борьбе с острым отравлением является предупреждение дальнейшего поступления пестицидов в организм, для чего, прежде всего, необходимо срочное удаление пострадавшего из зоны действия ядохимиката. При ингаляционном пути поступления вещества в организм следует надеть противогаз и вынести пострадавшего из зоны загрязнения. При попадании пестицидов на кожные покровы нужно снять зараженные предметы одежды, осторожно, не размазывая по коже, удалить имеющийся на ней ядохимикат ватным или марлевым тампоном. Затем пораженные участки кожи следует промыть теплой водой с мылом или щелочным раствором. Для этого применяют 2%-й раствор натрия гидрокарбоната или 2%-й раствор аммиака. Обработка кожных покровов с целью удаления ядохимикатов должна быть длительной (не менее 5–10 мин).

При попадании пестицидов на слизистую оболочку глаз нужно промывать их щелочным раствором (3%-м раствором натрия гидрокарбоната). При возникновении раздражения слизистой глаз в дальнейшем следует применять 30%-й раствор альбуцид-натрия, 2%-й раствор новокаина по 1–3 капли в каждый глаз. Рекомендуется также применение 2%-1 стрептоцидовой или ксероформной мази.

При явлениях раздражения трахеи и бронхов, проявляющихся мучительным кашлем, показан приём теплого молока с натрия гидрокарбонатом (1/2 ч. л. на стакан). При наличии признаков раздражения

слизистой оболочки носа рекомендуется применение 2%-го раствора новокаина по 1–3 капли.

В случае попадания пестицида в желудок необходимо срочное промывание, которое производят чистой водой. Можно применять взвесь активированного угля (1 ст. л. на 500 мл воды) или 0,02-0,1% раствор перманганата калия.

Если первую помощь приходится оказывать вне больничной обстановки и приспособлений для промывания желудка нет, пострадавшему дают выпить несколько стаканов воды, затем, чтобы вызвать рвоту, раздражают пальцами заднюю стенку глотки.

При интоксикациях, сопровождающихся нарушением дыхания, парезом дыхательной мускулатуры, необходимо проводить искусственную вентиляцию легких. Она показана при нарастающем цианозе слизистых оболочек и кожных покровов, частом и поверхностном дыхании, учащении сердечных сокращений. Следует проводить искусственное дыхание, которое является эффективным лишь при методе «изо рта в рот» или «изо рта в нос». При его проведении одной рукой необходимо держать голову в запрокинутом состоянии, а другой – нижнюю челюсть так, чтобы рот был открыт, и вдувать воздух либо широко открытым ртом в рот пострадавшего, либо слегка приоткрытым ртом в его нос.

11.2 Лекарственные вещества

По подсчетам специалистов в XVII–XVIII веках за каждые 20 лет в мире появлялось в среднем одно новое эффективное лекарство. В конце XIX века появлялось три новых лекарства за два года. В конце XX столетия на нашей планете ежегодно создавалось уже 8-10 принципиально новых лекарственных средств. От начала своей многовековой истории до начала XX века медицина имела в своем арсенале всего около двухсот основных лекарственных средств. К 1970-м годам ушедшего века их число увеличилось более чем в 20 раз, а в 1980-х годах мировая фармацевтическая промышленность производила уже более 100000 различных лекарственных препаратов [21].

Статистические данные говорят, что современное человечество за один год принимает миллионы тонн различных лекарственных химиопрепаратов. Население США, например, принимает только аспирина 20-30 тонн в день, то есть более 10000000 кг в год.

По подсчетам фармакологов, около 95% всех существующих сейчас лекарственных средств появилось за последние 60 лет. Последние десятилетия характеризуются своеобразным фармацевтическим взрывом. Они принесли человечеству новые тысячи химиопрепаратов и их различных соединений, дополнительные миллионы тонн различных химических веществ, поэтому современного человека иногда иронически называют Homo medikamentosus – человек медикаментозный. Но «лекарственный взрыв», подняв ортодоксальную медицину на новую ступень, принес ей новые

сложные проблемы. Наряду с некоторой сомнительной пользой при лечении тех или иных заболеваний лекарства часто вызывают у людей новую патологию, а порой лишают их здоровья совсем. По данным отечественных и зарубежных авторов, только в амбулаторной практике отрицательные проявления лекарственной терапии имеют место у 40-50% больных людей, что в абсолютных цифрах исчисляется миллионами случаев в год.

Параллельно с бурным развитием лекарственной промышленности, с ежегодным внедрением в медицинскую практику новых фармакологических средств вырисовывается очередной парадокс медицины: чем больше в мире производится лекарств и чем большей эффективностью они обладают, тем все более часто наблюдаются многообразные негативные последствия их применения.

Широкое использование в колоссальных масштабах самых различных лекарств, сывороток, белковых препаратов привело к весьма значительному изменению иммунологических реакций у людей на лекарственные, пищевые и другие вещества. Накоплены многочисленные факты эмбриотоксического, тератогенного, цитотоксического, мутагенного, канцерогенного и другого негативного действия медикаментов. Появились и продолжают возникать лекарственно-устойчивые штаммы микроорганизмов, активизировались их условно-патогенные виды.

11.2.1 Вредные лекарства

Независимые группы экспертов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) провели исследования, в результате которых были выявлены наиболее вредные лекарства. В эти исследования входили пересмотр и оценка многочисленных статистических данных и проводившихся исследований на вредность лекарственных препаратов. Необходимость подобных исследований возникла в связи с тем, что во всем мире все более острой становится проблема вредного воздействия медицинских препаратов на организм человека. С каждым днем появляются все новые препараты, обладающие все более сильным действием.

Независимые эксперты, в первую очередь, решили выявить самые вредные препараты среди уже хорошо известных лекарственных средств, а затем уже заняться новыми. По полученным данным был составлен следующий список опасных для здоровья лекарств:

– талидомид – успокоительное средство, назначаемое беременным женщинам для нормализации сна. Выяснилось, что этот препарат становится причиной возникновения нарушений развития (недоразвитие конечностей, глухота, слепота, расщепление неба и др.) у многих тысяч детей;

– лекарства от ожирения. Препараты этой группы постоянно изымаются из продажи. Многие из них содержат амфетамин, который вызывает зависимость и плохо сказывается на сердце. Другие средства содержат фенфлюрамин, который вызывает развитие такого серьезного заболевания, как повреждение клапанов сердца, для лечения которого

требуется хирургическая операция. Новые лекарства, в состав которых входит дексфлюрамин-изолипан, способствуют развитию патологических изменений в легких;

– гормон роста. Этот препарат рекламируется в качестве чудодейственного средства для детей, плохо или совсем не растущих. Его производили во Франции из гипофиза умерших людей, некоторые из которых были заражены смертельной дегенеративной болезнью Крейтцфельдта-Якоба. В результате в 1984–1986 гг. более тысячи детей, по сути, вместе с гормоном получили инфекцию, от которой многие их них умерли. Родители некоторых из них подали в суд на Институт Пастера и «France Hypophyse» – производителей гормона, а также на врачей, назначавших это средство;

– антихолестериновое средство «Липобай» (церивастатин) фирмы «Вауег» в связи с выявленными побочными эффектами, опасными для жизни, было отозвано с рынка. По статистическим данным, от этого лекарства только в самих Соединенных Штатах умерло 52 человека, а более чем у тысячи больных были тяжело поражены мышцы. Препарат также вызывает нарушение функции почек. Во Франции было зарегистрировано около 20 случаев угрозы для жизни у людей, употреблявших одновременно церивастатин и гемфиброзил – средства, снижающие уровень холестерина в крови. По всему миру препараты принимало в подобном сочетании около 6 млн человек.

Помимо перечисленных лекарств, вредными являются такие известные и широко распространенные лекарства, как анальгин и успокоительные препараты.

По последним научным данным, анальгин вызывает изменение в составе крови и может приводить к возникновению тяжелых аллергических реакций. Между тем он очень популярен в качестве обезболивающего средства и продается без рецепта в любой аптеке.

В настоящее время анальгин запрещено назначать детям, беременным и кормящим грудью женщинам. Допускается его назначение только при некоторых заболеваниях. Употреблять анальгин при таких заболеваниях, как мигрень, не стоит. Лучше воспользоваться другими обезболивающими препаратами, например, парацетамолом. Одной таблетки анальгина может оказаться достаточно, чтобы в организме произошли серьезные реакции. В большинстве стран Европы анальгин уже давно не используют для лечения.

Успокоительные препараты являются особенно вредными для пожилых людей, которые чаще всего и принимают их. У таких людей очень велик риск возникновения побочных эффектов. Часто наблюдаются головокружение, дезориентация в пространстве, потеря равновесия, увеличение веса. Следствием проявления подобных симптомов являются падения, которые могут привести к трагическим результатам. Риск проявления побочных эффектов у пожилых людей возрастает в 2 раза по сравнению с более молодыми пациентами.

11.2.2 Лекарственные отравления

Отравления лекарствами – довольно частое явление, и далеко не всегда они являются следствием попытки суицида. Примерно в 60% случаев люди отравляются нечаянно. Например, пожилой человек из-за забывчивости может принять лекарство второй раз.

Впрочем, среди пострадавших велико количество и молодых людей. В этих случаях причиной отравления является самолечение. Причем, страдая недостатком времени, будучи постоянно занятыми, они для большей эффективности и скорейшего получения результата выпивают ударные дозы сильнодействующих препаратов. Опасность усугубляется еще и тем, что, не желая тратить драгоценное время на посещение врачей, люди полагаются на советы своих знакомых или рекламу, которая, как правило, не предупреждает о возможных побочных эффектах от приема представляемых препаратов и не информирует о наличии других аналогов, часто более безопасных и менее токсичных. При таком самолечении нередки передозировки.

По статистике отравления часто возникают при употреблении обезболивающих средств. Человек, стремясь поскорее избавиться от боли, употребляет несколько различных препаратов. Однако многие из них, различаясь по названию, могут содержать одно и то же активное вещество. Поэтому в результате смешивания таких лекарств происходит передозировка. Например, всем известный парацетамол в настоящее время выпускается 26 фирмами под разными названиями и подается рекламой как новомодные препараты – такие, как «Эффералган», «Фервекс», «Колдрекс», «Калпол», «Тайленол». «Террафлю» и др. Приняв одновременно эти препараты, можно получить смертельную дозу парацетамола. В США и Европе парацетамол стоит на первом месте по количеству случаев передозировки и отравлений, часто заканчивающихся смертью или, как минимум, тяжелым поражением печени.

Однако отравиться можно даже безопасными лекарствами, такими как аспирин. Токсичная доза обычно превышает разовую в 10 раз. Поэтому таблетки часто упаковывают в пачки по 10 штук. Впрочем, для кого-то достаточно и 5 таблеток, чтобы получить тяжелейшее отравление. В настоящее время ученые серьезно работают над тем, чтобы десятикратная доза приносила как можно меньше вреда и уж конечно не приводила к смерти.

Лекарственные препараты на разных людей действуют по-разному. Те, у кого организм ослаблен, могут умереть, а более крепкие и здоровые от такой же дозы почувствуют лишь легкое недомогание. Кроме того, на действие лекарств влияют проводившееся ранее лечение и характер заболевания.

Чувствительность к различным препаратам зависит также и от пола. Так, мужчины чаще отравляются циклофосфамидами и инулином, а женщины – морфином и барбитуратами. Для женщин опасность получить отравление возрастает во время беременности и менструации.

Люди разного возраста также по-разному подвержены токсическому воздействию лекарств. Некоторые лекарства токсичны для пожилых людей, а есть и такие, которые более вредны для молодых.

Степень токсичности препарата зависит и от времени его приема. Например, передозировка лекарств, принятых вечером, более опасна для печени и крови. На результаты воздействия медикаментов оказывают влияние и некоторые факторы окружающей среды, такие как влажность и температура воздуха, атмосферное давление. Так, наркотические препараты становятся более токсичными при повышенном атмосферном давлении.

Наиболее тяжелые последствия наблюдаются после отравления препаратами психотропного действия. Между тем употребление этих препаратов становится все более распространенным явлением. Напряженный ритм современной жизни все чаще приводит к стрессам и нервным срывам. Люди с неуравновешенной психикой легко пренебрегают установленными нормами и дозировкой. В результате из-за частоты отравлений эти препараты отнесены к группе социальных ядов наряду с наркотиками.

К психотропным лекарствам относятся барбитураты, феназепам, нозепам, лепонекс и т.п. Нередко психотропные препараты употребляют алкоголики, чтобы выйти из абстинентного синдрома. При этом они не знают допустимых дозировок и употребляют таблетки горстями. Человек, как правило, теряет сознание и в таком состоянии поступает в больницу, не имея возможности сообщить, чем он отравился. Ответ можно получить только после лабораторного исследования.

Пока больной находится без сознания, затормаживаются все внутренние функции организма. Токсичное вещество всасывается в кровь, затем поступает в печень, из которой снова попадает в кровь и опять возвращается в печень, продолжая производить свое разрушительное действие. Такой круговорот очень трудно остановить.

Для многих женщин употребление таблеток становится своего рода привычкой или зависимостью. Они по малейшему поводу готовы пить те или иные препараты не столько для лечения, сколько для самоуспокоения. Некоторые используют лекарства в качестве допинга. Привыкание к лекарствам – нередкое явление, хотя относится не к физическому аспекту, а к психологическому. За рубежом при возникновении лекарственной зависимости принято обращаться к психологам. В России это пока еще не вошло в практику.

Между тем подобное пристрастие к безосновательному приему лекарств приведет к тому, что со временем от частого употребления химических препаратов развивается их передозировка в организме. Такое положение возникает из-за того, что многие вещества, входящие в состав лекарственных препаратов, трудно выводятся из организма. Если лекарство принимается на протяжении длительного времени, то вредные вещества накапливаются в организме и неизбежно приводят к интоксикации.

Так, например, совершенно безвредный на первый взгляд экстракт валерьяны любят употреблять при малейшем расстройстве. Между тем валериана содержит алкалоиды, которые замедляют проведение нервных импульсов, в том числе и к сердечной мышце. Именно на этом механизме воздействия основан ее успокоительный эффект. Учитывая это, вполне понятно, что употребление экстракта валерианы в течение 2-3 недели может пагубно отразиться на здоровье. Токсичные вещества, накопившись в тканях, вызывают перебои в сердце, особенно если у человека от природы низкое давление.

Очень часто передозировки наблюдаются при приеме витаминов. В этом случае страдают, как правило, дети, которых родители заботливо пичкают полезными витаминами. Об этом уже подробно говорилось выше, но для убедительности можно привести еще один пример. Так, одно время была мода на витамин D. Матери в целях предотвращения рахита давали его своим малышам в двойной и еще большей дозе. Результатом стала госпитализация таких детей, многих из которых просто не удалось спасти. Причина заключалась в преждевременном окостенении черепа из-за избытка в организме ребенка витамина D.

Отравление происходит и при употреблении сильнодействующих средств для лечения простых заболеваний. Люди в погоне за быстрым эффектом не думают, за счет чего он достигается. Реклама воспитывает половинчатый взгляд на лекарственные препараты. Люди обращают внимание только на то, как скоро будет достигнут эффект. Однако чем эффективнее лекарство, тем более активное вещество входит в его состав. Не получая мгновенного результата, люди продолжают использовать препарат на протяжении более длительного времени, чем это оговорено в инструкции, или увеличивают дозу.

Между тем сильнодействующие вещества обязательно окажут разрушительное воздействие на то, с чем они соприкасаются. Так, при употреблении средств против насморка может пострадать слизистая носа, что приведет к потере обоняния.

Косметика, хоть и не относится к лекарственным препаратам, тем не менее, часто содержит в себе сильнодействующие компоненты. Например, многие кремы или другие косметические средства содержат гормоны или алкалоиды, которые влияют на ЦНС. Между тем косметические препараты, как и лекарства, не относятся к средствам длительного пользования. Их следует время от времени менять.

В последнее время увеличилось количество гормональных средств, принимаемых женщинами в составе контрацептивов или средств для похудения. Но несовпадение этих средств с гормональным статусом женщины приводит к возникновению множества побочных эффектов: маточных кровотечений, нарушения овуляции и т.д.

Если женщина, несмотря на гормональную контрацепцию, все же забеременела, но не знает об этом и продолжает принимать гормональные

препараты, это пагубно сказывается на развитии плода. Следует заметить, что слабодействующих гормонов не бывает. Соответственно, и токсическое воздействие на плод будет существенным.

11.2.3 Признаки отравления лекарственными препаратами

При отравлении аспирином наблюдаются боли в животе, рвота, понос, возникает одышка, резко понижается температура тела, значительно ухудшается зрение, сердечно-сосудистая деятельность заметно снижается.

При отравлении сердечными препаратами – такими, как гликозиды (дигоксин или коргликон), – могут возникнуть рвота, понос, боли в животе, а также головная боль, наблюдаются замедление пульса и нарушение сердечного ритма. В особо тяжелых случаях отравления у пожилых людей появляется бред, а часто происходит и остановка сердца.

Активированный уголь, используемый в качестве основного средства при отравлениях любого рода, всегда считался безопасным препаратом. В результате его начали использовать и при нормальном состоянии для очищения кишечника. Однако согласно клиническим исследованиям длительное употребление активированного угля приводит к образованию эрозии на слизистой желудка и кишечника. В связи с этим российские медики рекомендуют при незначительных недомоганиях, таких как вздутие живота, метеоризм, тяжесть в желудке, легкие отравления, использовать не активированный уголь, а аналогичные ему по действию, но более безопасные препараты нового поколения.

При передозировке сульфаниламидных препаратов (норсульфазола или сульфадимезина) может развиться тяжелая почечная колика с острыми болями в области поясницы, прекратиться мочеотделение. Кроме того, возникают рвота и некоторые аллергические реакции – густая сыпь, кожный зуд, лихорадка, острая почечная недостаточность.

Признаком отравления лекарственным препаратом иногда является специфический запах изо рта. Например, если пахнет конским потом, это свидетельствует о перенасыщении организма препаратами, содержащими пенициллин.

При отравлении также меняется внешний вид больного. Так, при отравлении атропином или настойкой белладонны возникает покраснение кожи из-за сильного прилива крови. При отравлении йодом кожа бледнеет, борной кислотой – краснеет, бромидами – приобретает коричневый оттенок. При отравлении барбитуратами наблюдается отслоение кожи.

Одним из признаков передозировки морфина, героина и кодеина является сужение зрачка. При отравлении папаверином, но-шпой и противоаллергическими препаратами зрачки, напротив, расширяются.

При осмотре языка и полости рта также можно определить вид отравления. Так, отравление аспирином вызывает обильное слюноотделение. а атропином и эфедрином – наоборот, сухость во рту.

Токсическое действие препарата отражается и на поведении человека. Отравление барбитуратами, например, приводит к нарушению координации движений.

11.2.4 Несовместимость лекарственных средств

Под несовместимостью лекарственных средств понимается ослабление, потеря, извращение лечебного действия либо усиление побочного или токсического эффекта лекарственных средств в результате их взаимодействия.

Различают *фармакологическую* и *фармацевтическую* несовместимость. Под *фармакологической* несовместимостью подразумевают нежелательные изменения действия двух и более лекарственных препаратов при совместном или последовательном их введении в организм. При этом проявления несовместимости могут быть обусловлены изменениями фармакокинетики или фармакодинамики лекарственных средств.

Конкретные механизмы развития *фармакологической несовместимсти* идентичны общим механизмам их взаимодействия. Она возникает в тех случаях, когда два или несколько лекарственных веществ, взаимодействуя друг с другом в процессе приготовления комбинированных лекарственных форм, теряют присущие им фармакологические свойства и приобретают качества, неблагоприятно сказывающиеся на организме. Обусловлена физическими, физико-химическими или химическими свойствами лекарственных веществ, например, недостаточной растворимостью или полной нерастворимостью в растворителе, коагуляцией, отсыреванием и расплавлением порошкообразных веществ в связи с повышением их гигроскопичности. При этом возможно образование осадка, изменение цвета, запаха, вкуса или консистенции лекарственной формы.

Фармацевтическая несовместимость может также наблюдаться при смешивании нескольких препаратов в одном шприце или системе для парентерального введения, а также при несоответствии свойств растворителя и растворяемого в нем препарата. Так, растворы глюкозы, в которые для их стабилизации прибавляют 0,1 н. раствор соляной кислоты и натрия хлорид (pH растворов – 3,0-4,0), нельзя использовать для разведения лекарственных препаратов со свойствами слабых кислот (например, барбитуратов, сульфаниламидов, метициллина), т.к. они выпадают в осадок в кислой среде. Нестабильны в кислых растворах препараты бензил-пенициллина, ампициллин, гепарин, эуфиллин. В то же время норадреналин более устойчив в кислой среде. В изотоническом растворе натрия хлорида, имеющем слабокислую или нейтральную реакцию, можно разводить большинство лекарственных средств. Однако норадреналин в этой среде нестабилен. Во избежание образования осадка не рекомендуется смешивать в одном шприце растворы барбитуратов (гексенала. тиопентал-натрия и др.), производных фенотиазина (аминазина и др.), витаминов группы В, фуросемида и некоторых других препаратов с растворами других

лекарственных средств. Несовместимы в инфузионных растворах гепарин с гидрокортизоном, тетрациклинами. гентамицином, канамицином или стрептомицином; карбенициллин с гентамицином и канамицином, антибиотики группы пенициллина – с гентамицином и тетрациклинами (в виде гидрохлоридов); тетрациклины (в виде гидрохлоридов) – с гидрокортизоном, солями кальция, антибиотиками группы пенициллина. При смешивании указанных препаратов происходит инактивация одного из ингредиентов или выпадает осадок.

Инсулин сохраняет активность как в растворе глюкозы, так и в растворе натрия хлорида. Однако не следует вводить в одном шприце препараты инсулина пролонгированного действия, содержащие протамин (протаминцинк-инсулин, суспензия инсулин-протамина), и обычного инсулина (инсулин для инъекций, суинсулин), т. к. содержащийся в препаратах пролонгированного действия избыток протамина взаимодействует с инсулином.

В целях предупреждения нежелательного взаимодействия не рекомендуется добавлять лекарственные препараты к вводимой в организм крови и её компонентам, растворам аминокислот.

Несовместимость лекарственных средств может носить абсолютный и относительный характер.

При абсолютной несовместимости в ответ на совместное введение нескольких лекарств развиваются тяжелые реакции организма, иногда угрожающие жизни больного. Подобные реакции возникают, например, в результате взаимодействия антидепрессантов из группы ингибиторов моноаминоксидазы (ниаламида и др.) с леводопой, эфедрином, трициклическими антидепрессантами и резерпином.

В большинстве же случаев несовместимость носит относительный характер, когда неблагоприятные последствия взаимодействия лекарственных средств наблюдаются лишь при определенных условиях и не представляют непосредственной угрозы для жизни больного

Явления лекарственной несовместимости чаще возникают при назначении препаратов небольшой широты терапевтического действия, например антикоагулянтов непрямого действия, пероральных противодиабетических средств, цитостатических препаратов, сердечных гликозидов, противоэпилептических средств и др. Вероятность её возникновения тем выше, чем больше лекарственных препаратов получает пациент одновременно. Риск несовместимости повышается при назначении их в больших дозах, при некоторых патологических состояниях (болезнях печени, почек, гипоальбуминемии), индивидуальных особенностях метаболизма лекарственных веществ и отсутствии согласованности в назначениях лекарств разными врачами одному больному.

Риск нежелательного взаимодействия лекарственных средств можно уменьшить, заменив потенциально более опасные с точки зрения взаимодействия препараты на менее опасные из той же фармакологической

группы. Например, с антикоагулянтами непрямого действия в случае необходимости целесообразно назначать индометацин вместо бутадиона. парацетамол – вместо кислоты ацетилсалициловой, бензодиазепины – вместо барбитуратов. Взаимодействие лекарственных веществ в процессе всасывания можно уменьшить, рекомендуя больному принимать разные препараты не одновременно, а через определенные промежутки времени.

Глава 12. Общая характеристика биологической безопасности и биологических опасностей

12.1 Общие сведения об окружающем мире

Окружающий нас мир делится на живой и неживой. Отличительной особенностью живых объектов является их способность расти и размножаться. Живой мир очень разнообразен. Но есть одно общее очень важное свойство у всех живых существ - это их клеточное строение. Клетки являются кирпичиками, из которых состоят все живые существа, их ткани, органы и организмы в целом.

Клетка – наименьшая форма организованной живой материи, способная в подходящих для нее среде и условиях существовать самостоятельно. Клеточное строение живых объектов открыл англичанин Роберт Гук в 1665 году. Растения, животные, люди являются многоклеточными, а микроорганизмы, как правило, существа одноклеточные.

Между различными живыми существами идет постоянная борьба. В этой борьбе человек не всегда выходит победителем. Исходя из принципа целесообразности, господствующего в природе, можно утверждать, что все живые существа выполняют определенную предназначенную им роль. Но по отношению к человеку некоторые из них являются опасностями.

Биологическими (био от греч. bios – жизнь) называются опасности, происходящие от живых объектов. Биологические опасности могут оказывать на человека различное действие – механическое, химическое, биологическое и др. Следствием биологических опасностей являются различные болезни, травмы разной тяжести, в том числе смертельные.

Носителями, или субстратами, биологических опасностей служат все среды обитания (воздух, вода, почва), растительный и животный мир, сами люди, искусственный мир, созданный человеком, и другие объекты. Знание биологических опасностей – одно из условий успешной защиты человека от опасностей вообще и биологических в частности.

Все объекты живого мира можно условно разделить на несколько миров, а именно: *микроорганизмы* (Protista), *грибы* (Fundi, Mycetes), растения (P1antae), *животные* (Animalia), *люди* (Homo sapiens).

Наибольшую опасность для здоровья человека представляют микроорганизмы, вызывающие массовые заболевания людей, животных или растений.

События последних десятилетий свидетельствуют о том, что сосуществование человека и микроорганизмов вступило в новую стадию. Повсеместно и резко активизировались туберкулез и малярия, которые становятся одной из основных причин смерти. Распространяются как в нашей стране, так и во многих других странах такие хорошо известные болезни, как холера и дифтерия, угроза которых настолько высока, что породила термин “вновь возникающие старые инфекции”. Выявлено более 30 новых болезней, среди которых геморрагическая лихорадка Эбола и ротавирусная инфекция. В международный обиход даже вводится термин “новые инфекции". Кризис еще более усугубляется растущей устойчивостью возбудителей инфекционных заболеваний к антибиотикам.

Инфекционные заболевания не могут быть побеждены в обозримом будущем, и мы должны от ложного сознания всемогущества человека приходить к признанию того факта, что с этими проблемами предстоит иметь дело весь период существования человечества. Поэтому нет никакой неожиданности в том, что 7 из 10 главных причин смертности в развивающихся странах – инфекционные болезни [22].

Микроорганизмы – это мельчайшие, преимущественно одноклеточные существа, видимые только в микроскоп, характеризуются огромным разнообразием видов, способных существовать в различных условиях. Микроорганизмы выполняют полезную роль в круговороте веществ в природе, используются в пищевой и микробиологической промышленности, при производстве пива, вин, лекарств.

Однако некоторые виды микроорганизмов являются болезнетворными, или патогенными. Они вызывают болезни растений, животных и человека. Такие болезни, как проказа, чума, тиф, холера, малярия и многие другие в отдаленные времена уносили тысячи жизней, сея суеверия среди населения. Человечество долгое время не знало, что эти болезни вызываются микроорганизмами. Не было и средств борьбы с заразными болезнями. Поэтому инфекционные заболевания человека иногда приобретали массовое распространение, именуемое эпидемией или пандемией. А широкое распространение заразных болезней среди животных называется эпизоотией, среди растений – эпифитотией.

В 1348–1350 гг. в Старом Свете от эпидемии чумы погибло 7,5 млн человек, т. е. почти половина населения, жившего в то время на территории Европы. Во время эпидемии чумы (1364 г.) в Москве в живых осталось так мало людей, что они не в состоянии были похоронить мертвых. На протяжении всего средневековья оспа, бактериальная дизентерия, сыпной тиф, проказа и грипп уносили тысячи человеческих жизней. Опустошительный характер носили и эпизоотические болезни, во время которых гибель животных достигала невероятных масштабов. Во многих городах Европы установлены даже памятники погибшим во время эпидемий. Эпоха великих бедствий ярко отражена и в литературных произведениях. Например, Дж. Боккаччо в “Декамероне” описал эпидемию во Флоренции.

Великие утописты Томас Мор и Томмазо Кампанелла в своих произведениях много внимания уделяли проблемам защиты от инфекционных заболеваний.

Человечество настойчиво искало разгадку страшных болезней. Древнегреческий ученый Демокрит (ок. 460–370 до н. э.) высказал предположение, что болезни вызываются крохотными организмами, проникающими в тело человека и животных. Это гениальное предвидение подтвердилось лишь более двух тысяч лет спустя. “Отец” медицины Гиппократ (ок. 460–377 до н. э.) внес значительный вклад в учение о происхождении болезней, создав теорию “болезнетворных миазмов”. Аристотель (384–322 до н. э.) справедливо утверждал, что бешенство человеку передается через укус бешеных собак. Гиппократовскую теорию “миазмов” поддерживал и самый выдающийся римский врач Клавдий Гален (ок. 130–200 до н. э.). Знаменитый швейцарский медик Парацельс (1493–1541) считал, что возбудителями заразных болезней являются живые существа. В своих трудах он часто использует слово “вирус”. Выдающийся итальянский ученый Дж. Фракасторо (1478–1553) также предполагал, что возбудителями болезней служат особые организмы, которые очень быстро размножаются. Фракасторо впервые описал ряд заболеваний животных: ящур, сап, оспу овец и др.

С древних времен и до XVII в. учеными разных стран и народов высказывалось много идей о причинах инфекционных заболеваний и способах борьбы с ними. Среди них были и гениальные догадки, о которых уже сказано, а также суеверия и схоластика. Как мы уже знаем, многие исследователи прошлого предполагали существование мелких живых существ, проникающих в организм и вызывающих заболевания, но никто этих существ не видел.

Впервые их удалось выявить голландцу Антони ван Левенгуку. Это случилось в 1676 г., хотя первый микроскоп был построен еще в 1590 г. Янсеном З. (Нидерланды). С этого времени началось деятельное изучение микроорганизмов.

Среди патогенных **микроорганизмов** различают *бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, простейшие.*

Бактерии – широко распространенная в природе группа одноклеточных микроорганизмов. Бактерии вездесущи и выносливы. Они находятся в почве, воде, растениях, в организме человека и животных. Они могут существовать в самых разнообразных условиях, часто неблагоприятных для жизни других организмов. Некоторые бактерии обитают в залежах урановых руд и даже в воде ядерных реакторов. Их находили также в воде гейзеров с температурой около 100°С и в вечной мерзлоте Арктики, где они пробыли более двух миллионов лет и не погибли. Бактерии играют огромную роль в формировании биосферы, в поддержании жизни на нашей планете, участвуя в круговороте энергии и веществ в природе.

В процессе жизнедеятельности бактерии образуют различные биологически активные вещества – ферменты, антибиотики, пигменты, летучие ароматические соединения, токсины и др.

Среди бактерий имеется относительно небольшое число видов, способных вызывать болезни человека, животных и растений. Потенциальная способность бактерий вызывать инфекционные заболевания называется болезнетворностью, или патогенностью. Некоторые бактерии являются условно-патогенными, так как их болезнетворность зависит от ряда условий, в первую очередь от сопротивляемости организма, в котором эти бактерии находятся.

По форме бактерии делят на три группы: шаровидные (кокки), палочковидные (бактерии и бациллы) и извитые (вибрионы, спириллы). Размеры палочковидных бактерий могут быть от 1 до 8 микрометров (1 мкм равен тысячной доле миллиметра) в длину и от 0,5 до 2 мкм в ширину; средний диаметр шаровидных бактерий 0,5...1 мкм [23].

Большинство бактерий размножается делением. Для того чтобы бактерии могли расти и размножаться, среда их обитания должна содержать необходимые источники углерода, азота, энергии, определенный солевой набор, иметь оптимальную температуру. Для большинства патогенных бактерий она равна 37°С, т. е. соответствует температуре тела человека. Скорость размножения бактерий в благоприятных условиях очень велика. Примерно каждые 20 мин бактерия делится, давая две дочерние клетки. Следовательно, из одной клетки, культивируемой в хорошей питательной среде, через десять часов образуется один миллион потомков. Если бы процесс размножения бактерий в питательной среде не был ограничен, то через 24 часа число потомков одной бактерии равнялось 10^{21} клеток, а их масса составила бы примерно 4 тыс. т [23]. В действительности же в питательной среде высокая скорость деления клеток наблюдается лишь небольшой период времени с момента внесения в нее бактерии. Это происходит потому, что очень быстро истощаются питательные вещества среды и в ней накапливаются продукты обмена, неблагоприятно действующие на бактерии. Скорость размножения патогенных бактерий в организме значительно меньше, чем в искусственной питательной среде.

На жизнедеятельность бактерий влияют температура, влажность, ультрафиолетовое и ионизирующее излучения. К низким температурам бактерии устойчивы, некоторые выживают даже при -190°С, а споры при –253°С. К высоким температурам бактерии высокочувствительны. Неспорообразующие бактерии погибают при температуре 60-70°С, спорообразующие при прогреве выше 100°С. Разные виды бактерий по-разному переносят высушивание: одни (например, гонококки) очень быстро погибают, другие в этих же условиях выживают. Так, палочка дизентерии при высушивании остается жизнеспособной 7 суток, дифтерии – 30 суток, брюшного тифа – 70 суток, туберкулеза – 90 суток, споры бацилл сибирской

язвы – до 10 лет [23]. Бактерии погибают при ультрафиолетовом облучении, в том числе и при прямом солнечном свете.

Бактериальными заболеваниями, при которых в Средние века погибали десятки миллионов людей, являются чума, холера, проказа и др.

Огромные потери народонаселения всегда были связаны с чумой. И хотя считается, что в наше время опасность чумы исчезла, отдельные ее рецидивы возникают то тут, то там. В Казахстане сохраняются природные очаги чумы в Кызылординской, Атырауской, Западно-Казахстанской областях, в которых в летний период обостряется эпизоотическая обстановка.

Туберкулезные бактерии открыл Р. Кох в 1882 г., но окончательно эта болезнь не побеждена. Туберкулез в Казахстане является серьезной проблемой. В республике продолжается ежегодный рост уровня заболеваемости населения туберкулезом (таблица 22) [24]. Показатели заболеваемости туберкулезом являются одними из самых высоких не только в Центральной Азии, но также в мире. К тому же в последнее время значительное развитие получили резистентные формы туберкулеза, которые вызывают высокий уровень потери трудоспособности и общей смертности. Так, в Казахстане на тысячу заболеваний приходится 116 смертей (к примеру, в России каждые 25 минут один человек умирает от туберкулеза).

Таблица 22 – Число заболеваний населения туберкулезом в Республике Казахстан, на 100 тыс. чел.

Показатель	1995 г.	1996 г.	1997 г.	1998 г.
С впервые установленным диагнозом	67,1	82,5	91,3	118,8
Всего состоящих на учете в лечебных учреждениях	286,7	311,6	335,5	377,9

По оценкам специалистов, в 2000 г. в Казахстане болело туберкулезом около 300 тыс. человек, при этом 70 тыс. – активной формой. В исправительно-трудовых учреждениях находилось более 12 тыс. больных активной формой туберкулеза, и заболеваемость там в 65 раз выше, чем у остальной части населения [25].

Одним из источников туберкулезной инфекции являются сельскохозяйственные животные, пораженные туберкулезом. Всего по республике насчитывается 140 хозяйств, неблагополучных по заболеваемости туберкулезом крупного рогатого скота (Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская области).

Холера в Европу была занесена в 1816 г. До 1917 г. в России холерой переболело более 5 млн человек, половина из них умерла. Сейчас случаи возникновения холеры редки, но существует опасность завоза ее из-за рубежа (Иран, Пакистан, Индия и др.).

Однако для Казахстана эта опасность стала реальностью. В 1997 г. зарегистрировано 74 случая холеры, в том числе два – с летальным исходом [25]. В результате несвоевременной локализации очагов в Южно-Казахстанской области допущен перенос инфекции за пределы области.

В настоящее время Южно-Казахстанская область является территорией повышенного риска заболевания холерой, что связано с наличием холерного вибриона в открытых водоемах, неудовлетворительным санитарно-гигиеническим состоянием населенных пунктов, в частности систем питьевого водоснабжения, значительными миграционными потоками из Узбекистана и Таджикистана.

В связи с этим Правительством Республики Казахстан утверждена целевая комплексная программа “Санитарная охрана границ Республики Казахстан от завоза особо опасных инфекций на 1998–2000 годы” (№ 93 от 11.02.98).

Вирусы (от лат. Virus – яд) – мельчайшие неклеточные частицы, состоящие из нуклеиновой кислоты (ДНК или РНК) и белковой оболочки. Они являются внутриклеточными паразитами, неспособными к жизнедеятельности вне живых клеток. Вирусные инфекционные болезни широко распространены. С древних времен известны бешенство, оспа, грипп и др.

По внешнему виду вирусы напоминают кубики, палочки, шарики, многогранники и нити. Размеры разных вирусов варьируют от 20 до нескольких сотен нанометров (1нм = 10^{-6} мм). Для сравнения приведем величину самых мелких кровяных клеток – эритроцитов, равную 7-8 тыс. нм, т. е. вирусы меньше эритроцитов в десятки и сотни раз.

Вирусы могут существовать в двух формах: внеклеточной и внутриклеточной. Вне клеток вирионы (вирусные частицы) не обнаруживают признаков жизни. Попав в организм, они проникают в чувствительные к ним клетки и переходят из покоящейся формы в размножающуюся. Начинается сложное и многообразное взаимодействие вируса и клетки, заканчивающееся образованием и выходом в окружающую среду дочерних вирионов. Вирусы способны “навязывать” свою генетическую информацию наследственному аппарату пораженной им клетки.

Распространенными заболеваниями остаются грипп и острые респираторные заболевания (ОРЗ), корь, вирусный гепатит, тропические лихорадки, герпес и другие вирусные болезни. В природе существует мало чисто человеческих вирусов; все они близки и аналогичны соответствующим вирусам животных.

Древние рукописи донесли до нас описания страшных эпидемий оспы, в которых погибло до 40% больных. Англичанин Э. Дженнер в 1796 г. предложил свой метод оспопрививания (вакцинации), положив тем самым начало борьбы с этим недугом. Но только в 1980 г. ВОЗ объявила о том, что оспа побеждена. Теперь детям, родившимся после 1980 г., не делают оспопрививания.

Бешенство, или водобоязнь, – смертельная болезнь человека и животных, известная с глубокой древности. Чаще всего бешенство бывает у собак. Болеют бешенством также волки, кошки, крысы, вороны и другие животные. Людям же бешенство передается в основном через укусы больных животных и даже при простом попадании слюны бешеного животного в раны на теле человека. Заболевшего человека вылечить от бешенства невозможно. Скрытый (инкубационный) период болезни тянется от 8 дней до года. Поэтому при любом укусе животного необходимо обращаться к врачу, так как единственным надежным средством против бешенства является прививка. Первая прививка против бешенства была сделана Луи Пастером в 1885 г. Ребенок, сильно покусанный бешеной собакой, не заболел.

Для Казахстана бешенство стало настоящим бичом. За 1996 г. за медицинской помощью обратилось 45 тыс. 383 человека, укушенных и ослюненных животными. Тринадцать человек из них погибли. Большая часть зараженных бешенством пришлась на Южно-Казахстанскую область, где зарегистрировано 8 летальных исходов (см.: Казахстанская правда. 1997.27 02) В 1996 г. было исследовано 1 642 диких и домашних животных и у 517 из них обнаружено бешенство. В 1997 г. еще шесть человек стали жертвами коварного заболевания. Погибли две девочки, покусанные собаками.

В июне 1981 г. впервые из Нью-Йорка и Сан-Франциско было сообщено об участившихся случаях необычных инфекционных заболеваний и кожных опухолей у молодых мужчин. У лиц, пораженных инфекциями, обнаружили, кроме прочего, довольно редкую форму воспаления легких и поражения слизистой оболочки дрожжевым грибком. Заболевание заканчивалось смертью. Как выяснилось, у этих больных был резко ослаблен иммунитет (защитные свойства) организма. Они стали погибать от микробов, которые вызывают в обычных условиях лишь легкое недомогание. Болезнь назвали СПИД – синдром приобретенного иммунодефицита.

СПИД вызывается вирусом, который был открыт в 1983 г. биологами во Франции, а в 1984 г. он был идентифицирован исследователями в США и получил название ВИЧ – вирус иммунодефицита человека. Установлено, что вирус передается при переливании крови, нестерильными шприцами, половым путем, а также при вскармливании ребенка грудным молоком.

СПИД, как и другие венерические заболевания, типичная “болезнь поведения”, но смертельная и пока еще неизлечимая. Если для распространения чумы на планете понадобилось 50 лет, то для СПИДа хватило и пяти. По оценкам ВОЗ в мире на декабрь 1997 г. около 30 млн 600 тыс. (из них около 1 млн дети до 15 лет) ВИЧ-инфицированных. Умерло порядка 6,5 млн человек (из них 1,5 млн дети). Через год, т. е. на декабрь 1998 г., количество ВИЧ-инфицированных во всем мире достигло 39 млн человек и порядка 12 млн человек умерло. Это связано еще с тем, что инкубационный период у СПИДа очень велик – он может достигать десяти и более лет, хотя в большинстве случаев от момента попадания возбудителя в организм до появления признаков заболевания проходит 1–3 года. По

длительности инкубационного периода СПИД уступает лишь проказе. И в течение всего этого периода заразившийся человек, но еще не заболевший, а являющийся лишь носителем вируса, заразен для других людей.

В Казахстане наблюдалась следующая тенденция роста ВИЧ-инфицированных больных по годам: 1996 г.– 40 чел.; 1997 г. – 462 чел.; 1998 г. – 784 чел.; 1999 г. – 1000 чел.; на 1 февраля 2000 г. – 1008 чел. При этом наибольшее количество инфицированных находилось в Карагандинской области, в частности в г. Темиртау – 81% от всех ВИЧ-инфицированных в республике [25]. На 1 февраля 2000 г. зарегистрировано 29 больных СПИДом, количество умерших достигло 75 человек.

В Российской Федерации число ВИЧ-инфицированных в 2000 г. превышало 11 тыс. человек, при этом ежедневно заражалось около ста человек и до 70% больных – люди в возрасте до 30 лет. В Китае на число жителей 1 млрд 200 млн человек по оценочным данным число инфицированных в 2000 г. было более 150 тыс. человек.

Приведенные статистические данные, по мнению экспертов, при этом еще занижены раз в 10.

СПИД называют “чумой XX века”. Каждую минуту в мире заражаются ВИЧ-инфекцией около шести человек, при этом ежедневно – около 1 600 детей. До 80% всех заражений происходит через шприц. Лечение больных СПИДом требует значительных затрат – от 20 тыс. до 100 тыс. долларов в год. Однако в Казахстане на лечение одного больного тратится около 10 тыс. долларов в год.

Эпидемия гриппа описана Гиппократом еще в 412 г. до н. э. В XX в. были отмечены три пандемии (эпидемия высокой интенсивности, охватившая население страны, нескольких стран или континента) гриппа. В январе 1918 г. в Испании появились сообщения об эпидемии гриппа, получившей название “испанка”. “Испанка” обошла весь мир, заразив около 1,5 млрд людей, миновала лишь несколько затерянных в океане островов и унесла 20 млн жизней – больше, чем погибло в первую мировую войну. В 1957 г. около одного миллиарда людей заболели “азиатским” гриппом, погибло более одного миллиона человек. В 1968–1969 гг. по планете Земля свирепствовал “гонконгский” грипп.

Число эпидемий гриппа, как ни странно, с каждым столетием возрастает. В XV в. зафиксировано четыре эпидемии, в XVII в. – семь, в XIX в. – уже 45. Почему до сих пор нет надежных прививок против гриппа? Оказывается, что вирус гриппа очень быстро изменяется. Не успели врачи сделать вакцину человеку против одной формы гриппа, как возбудитель болезни появляется уже в новом облике.

На сегодняшний день весь мир страдает от новой эпидемии, вызванной коронавирусной инфекцией (COVID-19). По статистике общее количество заболевших на 21 ноября 2021 в мире составило 257 млн чел., умерло 5,15 млн человек. Для Казахстана на этот период общее количество заболевших

составляло – 1,05 млн. чел., 17625 чел. – с летальным исходом. Пока весь мир не достиг положительного результата в борьбе с этой инфекцией.

Какова вероятность встречи с вирусами? С возбудителями гриппа, кори, свинки, герпеса и различных ОРЗ контакты практически неизбежны (90–100%). С вирусами, вызывающими гепатит, краснуху, бешенство, полиомиелит, СПИД, встреч можно избежать. Так или иначе, но человек на протяжении всей жизни подвергается опасности заразиться и заболеть какой-либо вирусной инфекцией. Считается, что при средней продолжительности жизни 70 лет около семи лет человек болеет вирусными заболеваниями [23]. Отсюда понятно, что вирусы приносят огромный экономический ущерб. Подсчитано, что в среднем человек ежегодно сталкивается с двумя и более вирусными инфекциями, а всего за жизнь вирусы до 200 раз проникают в его организм. К счастью, далеко не все эти встречи заканчиваются болезнями, так как в процессе эволюции человеческий организм научился успешно справляться со многими вирусами.

Риккетсии – бактериоподобные микробы, вызывающие острые инфекционные болезни человека: эпидемический сыпной тиф, Ку-лихорадку, окопную лихорадку, брюшной сыпной тиф и др. Риккетсии слабо устойчивы в окружающей среде и быстро погибают под воздействием температуры 50-70°С и различных дезинфицирующих средств, но хорошо переносят высушивание (в высушенных вшах и их испражнениях сохраняются до двух месяцев и более). Эпидемический сыпной тиф и окопная лихорадка являются антропонозами, т. е. заболеваниями, которые встречаются только у человека. Остальные риккетсиозы – зоонозы; человек заболевает ими, подвергаясь нападению блох или клещей, в свою очередь заразившихся от больных животных. При Ку-лихорадке люди заражаются через загрязненные выделениями больных животных руки (у животноводов, ветеринаров), при употреблении сырого молока от больных коров, коз, овец.

Риккетсиозы у человека протекают в виде лихорадочных заболеваний различной тяжести. Болезнь начинается остро, сопровождается высокой температурой, головной болью, бессонницей, болями в мышцах и кожной сыпью. Характерны поражения стенок кровеносных сосудов и центральной нервной системы.

Спирохеты – тонкие спиралевидные бактерии, которые быстро погибают при нагревании до 60°С. Патогенные спирохеты распространены повсеместно и обитают в почве, стоячих и сточных водах. Они вызывают возвратный тиф (передаются вшами или клещами), сифилис (половым или бытовым путем), лептоспироз (от животных и через водоемы, загрязненные мочой и испражнениями больных животных) и др.

Простейшие состоят из одной клетки. Чаще всего они обитают в водоемах. Виды простейших: амеба, радиолярия, грегарина, эвглена, трипаносома, миксоспоридия, парамеция, токсоплазма. Обычные размеры простейших 0,05...0,15 мм. Их можно видеть без микроскопа (глаз человека различает предметы размером до 0,1 мм). Размножаются делением каждые

три часа. Простейшие вызывают такие тяжелые заболевания, как малярия, сонная болезнь, токсоплазмоз и др.

12.2. Общая характеристика биологических опасностей

Человек сталкивается с потенциальными биологическими опасностями повсеместно, так как весь окружающий его мир населен живыми существами разных размеров и форм, которые при определенных условиях могут нести угрозу для его жизни и здоровья. Люди контактируют с вредными биологическими факторами повсеместно: в помещениях, где проживают, работают и отдыхают; в медицинских учреждениях; на открытом воздухе (в поле, лесу, при купании в водоемах); при приеме пищи и лекарственных препаратов; при уходе за домашними животными.

Биологическая опасность рассматривается как отрицательное воздействие биологических патогенов любого уровня и происхождения (от прионов и микроорганизмов до многоклеточных паразитов), создающих опасность в медико-социальной, технологической, сельскохозяйственной и коммунальной сферах.

Как видим, это определение, разработанное еще в 1995 г., выводит за рамки биологических опасностей свободно живущих многоклеточных организмов, наделенных природой ядовитыми выделениями, либо крайне агрессивных животных, которые представляют угрозу для отдельных людей при встрече с ними. Однако, учитывая, что отдельный индивид занимает самое приоритетное место при ранжировании возможных объектов защиты, более универсальным можно признать определение, данное Г. Г. Онищенко с соавторами в 2013 г.: «биологическая опасность – потенциальная возможность воздействия опасных биологических факторов на человека, среду обитания, включая животных и растения, результатом которого может быть возникновение опасной биологической ситуации и перерастание ее в чрезвычайную ситуацию биологического характера».

Последнее из приведенных определений биологической опасности согласуется с перечнем биологически опасных и вредных производственных факторов, утвержденных еще ГОСТ 12.0.003-74. К ним относят следующие биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности; макроорганизмы (растения и животные).

Дилемму двух приведенных определений можно устранить, если осуществить оценку степени риска при встрече с различными биологическими организмами. Те опасности, риск реализации которых высок, может угрожать большим массам населения и приводить к развитию чрезвычайных ситуаций, в настоящее время чаще обозначают как *биологосоциальные опасности.*

Биологосоциальные чрезвычайная ситуация определяется как «состояние, при котором в результате возникновения источника биолого-социальной чрезвычайной ситуации на определенной территории

нарушаются нормальные условии жизни и деятельности людей, существования сельскохозяйственных животных и произрастания растений, возникает угроза жизни и здоровью людей, широкого распространения инфекционных болезней, потерь сельскохозяйственных животных и растений. В качестве *источника биолого-социальной чрезвычайной ситуации* выделяется особо опасная или широко распространенная инфекционная болезнь людей, сельскохозяйственных животных или растений, в результате которой на определенной территории произошла или может возникнуть биолого-социальная чрезвычайная ситуация» [26]. Особенно тяжелые последствия имеют эпидемии (эпизототии, эпифитотии).

В настоящее время список источников биологической опасности, способных привести к чрезвычайным ситуациям биолого-социального характера, значительно расширен и включает в себя:

– патогенные микроорганизмы, прионы, возбудители паразитарных заболеваний (опасные и особо опасные инфекции, в том числе природно-очаговые и «возвращающиеся»);

– «новые» патогенны, возникающие из непатогенных и патогенных штаммов микроорганизмов в результате мутагенеза под влиянием природных и антропогенных факторов;

– продукты жизнедеятельности микроорганизмов (токсины, ферменты, биорегуляторы белковой природы, суперантигены, мини-антитела), технофильные микроорганизмы и др.;

– генетически изменённые организмы и генетические конструкции (вирусные векторы, двуспиральные РНК, онкогены, гены, кодирующие белки-токсины);

– патогены, устойчивые к современным антамикробным препаратам;

– экопатогены, повреждающие физические объекты окружающей среды.

В настоящее время предлагается три градации в реализации биологической опасности:

– опасная биологическая ситуация (риск находится на уровне приемлемого либо выше приемлемого, но контролируемого специалистами);

– чрезвычайная ситуация санитарно-эпидемиологического характера (риск выше приемлемого, требуются скоординированные действия всех специализированных служб);

– чрезвычайная ситуация биологического характера (когда степень риска уже оценивается как угроза для национальной или международной безопасности). Фактически, в данном случае осмысление чрезвычайной ситуации биологического характера на социальном уровне происходит с точки зрения специалистов в области общественного здравоохранения и сопоставимо с пониманием вспышки инфекции, эпидемии и пандемии.

Биологические опасности имеют ряд специфических особенностей, которые определяют их потенциально высокий поражающий эффект. К ним относят:

– скрытый период развития опасных биологических агентов внутри пораженного организма, что затрудняет локализацию и ликвидацию опасности;

– отсутствие у большинства патогенных микроорганизмов вкуса и запаха, т. е. невозможность их визуального определения;

– необходимость специального лабораторного оборудования и профессиональных диагностических навыков для их идентификации;

– очень малое количество агента, достаточного для заражения биообъекта.

В связи с этим, например, в США биологические опасности были определены на уровне Государственного департамента как более угрожающие в сравнении даже с ядерным оружием.

Причиной чрезвычайных ситуаций биолого-социального характера могут стать инфекции, возникшие естественным путем; технологические аварии (на производствах, использующих биоматериалы или биоагенты, микробиологические НИИ и др.); стихийные бедствия, приводящие к вспышкам инфекционной заболеваемости (например, наводнения); непреднамеренное занесение в страну инфекций в ходе миграции населения; преднамеренное заражение территории опасными возбудителями в ходе биотерроризма, военных конфликтов. Они могут возникнуть также в ходе неконтролируемой техногенной деятельности (селекция и отбор антибиотико-устойчивых патогенных штаммов микроорганизмов и др.); экологически опасной техногенной деятельности (выемка грунта, добыча полезных ископаемых, исследование Крайнего Севера, сопряженные с извлечением из недр Земли древних бактерий и других организмов); халатности на опасных биотехнологических производствах и т. д.

Зоной биологического заражения называется территория, в пределах которой распространены (привнесены) биологические средства, опасные для людей, животных или растений.

Очаг биологического поражения (ОБП) – это территория, в пределах которой произошло массовое поражение людей, животных или растений. ОБП может образоваться как в зоне биологического заражения, так и за ее границами в результате распространения инфекционных заболеваний.

Основные виды ущерба при реализации биологических опасностей:

– заболевания, аллергические реакции и отравления людей;

– заболевания и отравления с/х животных, культурных растений;

– деградация природной и техногенной окружающей среды.

Наряду с биолого-социальными опасностями можно выделить *индивидуальные биологические опасности,* которым могут подвергаться отдельные люди не только в случае инфекционного заболевания, но и при встрече с опасными животными и ядовитыми растениями в природе.

Влияние биологической опасности может быть *прямым* (заражение) и *косвенным* (через разрушение окружающей среды).

На рисунке 11 приведён Международный символ биологической опасности, разработанный в 1966 г. Чарльзом Болдуином, инженером-экологом компании Dow Chemical Company (США) [27].

Рисунок 11 – Международный символ биологической опасности

Он представляет собой трехсторонний символ ярко-оранжевого цвета. Этот цвет был выбран в связи с тем, что, как показали специальные исследования, он лучше всего заметен для глаза человека в дневное время. По объяснениям Ч. Болдуина, они хотели создать нечто запоминающееся, но не имеющее конкретного смысла, для того чтобы в дальнейшем научить людей тому, что это означает. Символ используется по всему миру при классификации биологических материалов, несущих в себе значительный риск для здоровья, включая вирусные образцы и использованные иглы.

Глава 13. Инфекционные заболевания и мероприятия по защите

13.1 Актуальность проблемы

Инфекционные заболевания – одна из самых серьезных биологических опасностей современного общества, несмотря на очевидные успехи человечества в борьбе с ними. В 1979 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) официально заявила, что в мире нет очагов черной оспы. Казалось, что инфекционные заболевания надежно взяты под контроль. Однако в настоящее время заметно изменились условия проживания людей: нарастает урбанизация, разрушаются природные экологические системы; ухудшаются социально-экологические условия жизни; отмечается снижение иммунитета человека; появляются новые методы лечения в медицине, новые технологии в производстве продуктов питания; резко возрастают миграционные процессы, международный туризм и торговля; усилились адаптационные и мутационные процессы у микроорганизмов и т. д. В

результате мир снова оказался в ситуации, когда эпидемии вновь могут получить широкое распространение.

По данным ВОЗ, на долю инфекционных заболеваний сейчас приходится около 25% всех смертей в мире. В развивающихся странах, где здравоохранение финансируется слабо, этот показатель возрастает до 45%. Согласно оценкам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно болеют инфекционными заболеваниями около 2 млрд людей, 17 млн из которых происходят с летальным исходом. Это составляет примерно 50 тыс. смертей в день. Инфекционные заболевания официально признаются второй ведущей причиной смертности и первой причиной преждевременной смертности в международном масштабе.

Источниками инфекционных биологических опасностей и рисков являются:

– естественные возбудители массовых инфекционных заболеваний, т. е. эпидемий, вспышек, пандемий, эпизоотий, эпифитотий;

– естественные резервуары патогенных микроорганизмов (грызуны, клещи, птицы как переносчики опасных инфекций);

– искусственные резервуары патогенных микроорганизмов (сибиреязвенные скотомогильники, биотермические ямы, коллекции штаммов микробиологических культур в НИИ, в лабораториях, на биопроизводствах);

– генетически модифицированные возбудители инфекционных заболеваний [28].

В настоящее время человечество столкнулось с рядом новых проблем, представляющих повышенную инфекционную биологическую опасность:

– преодоление микроорганизмами межвидовых барьеров (например, заболевания, которым были подвержены одни виды животных, становятся опасными для других, достаточно отдаленных видов, а также для человека;

– «возвращающиеся», управляемые с помощью вакцинации инфекции, активизировавшиеся после эпидемиологического благополучия вследствие свертывания программ иммунизации населения (например, полиемиелит);

– инфекции, возникающие на новых территориях (завоз редких или ранее не встречавшихся инфекций);

– новые инфекции, вызываемые ранее неизвестными патогенами (за последние 35 лет выделен и идентифицирован 41 новый патоген);

– возрастание эпидемиологического значения условно-патогенных микроорганизмов и увеличение частоты заболеваемости оппортунистическими инфекциями;

– распространение нозокомиальных (госпитальных) инфекций;

– аварии и диверсии на объектах, где проводятся работы с патогенными микроорганизмами;

– биологический терроризм во всех его проявлениях.

В связи с этим актуальность защиты человечества от инфекционных заболеваний на сегодняшний день не только не уменьшилась, а наоборот,

возросла, что подтверждают события последних лет – это наличие пандемии во всем мире, вызванной коронавирусной инфекцией.

13.2 Инфекционные болезни и мероприятия по защите

Заболевания, вызванные болезнетворными микроорганизмами и передающиеся от зараженного человека или животного, называются инфекционными.

Инфекционные болезни могут возникать при наличии трех компонентов:

– источника возбудителей инфекции (зараженный человек или животное);

– факторов, обеспечивающих передачу возбудителей от зараженного организма к здоровому;

– восприимчивых к инфекции людей.

Возбудители наиболее опасных инфекций обладают рядом специфических особенностей:

– эпидемичностью, т. е. возможностью массового заболевания на значительной территории за короткое время (напр., эпидемия гриппа 1957 г. с мая по октябрь практически охватила весь мир);

– высокой токсичностью, т. е. мощностью поражающего действия, которая намного превосходит токсичность самых современных отравляющих веществ (напр., в 1 $см^3$ суспензии вируса пситтакоза содержится 20 млрд заражающих доз для человека);

– контагиозностью, т. е. способностью передаваться от человека к человеку, от животного к человеку и так далее;

– наличием инкубационного (скрытого) периода заболевания, достигающего в зависимости от вида возбудителя нескольких суток;

– возможностью консервации микроорганизмов, обеспечивающей сохранение их жизнеспособности в высушенном состоянии в течение 5–10 лет и более;

– дальностью распространения бактериального аэрозоля (имитаторы бактериологических рецептур при испытаниях проникали на расстояния до 700 км);

– трудностью индикации – обнаружения возбудителя заболевания и определения его концентрации (время идентификации возбудителей достигает нескольких часов);

– сильным психологическим действием на человека вследствие появления страха заболевания и паники.

Способность вызывать заболевания (патогенность) у разных микроорганизмов неодинакова. Она определяется способностью возбудителей внедряться в определенные органы и ткани, размножаться в них и выделять ядовитые вещества (токсины). К тому же человек имеет хорошую естественную защиту от болезнетворных микроорганизмов. Первая линия обороны – наша кожа. Но малейшая ранка открывает доступ микробам

в организм. В носовой полости микроорганизмы задерживаются мелкими волосинками. В ротовой полости бактерии задерживаются слюной, в которой находится бактерицидное вещество, известное под названием лизоцим. Лизоцим имеется также в слезах. Он растворяет клеточные стенки ряда бактерий и уничтожает их. Но если микробам все-таки удается проникнуть в организм, то их ждет кислая среда желудка, уничтожающая большую часть микроорганизмов. Некоторые микробы все-таки проникают в кишечник. Здесь их ждет очередное препятствие – белые кровяные тельца (лейкоциты), способные активно захватывать и поглощать проникшие в организм инородные микробы. Некоторые ткани организма выделяют специальные сывороточные белки (антитела). В результате человек либо выздоравливает, либо вообще не заболевает. Таким образом, в организме вырабатывается иммунитет (невосприимчивость), имеющий строго специфический характер к данной инфекции.

Продолжительность подобного иммунитета различна. После кори, скарлатины, оспы он, как правило, пожизненный. А после гриппа, дизентерии – несколько месяцев или лет. Таким образом, у человека, перенесшего заболевание, создается активный естественный иммунитет.

Отечественные и зарубежные ученые установили, что если в организм вводить микробы, убитые или специально подготовленные (живые вакцины) или обработанные (химические вакцины), то после небольшого инкубационного периода в организме вырабатывается активный искусственный иммунитет.

В организм человека патогенные микробы попадают разными путями. Так возбудители:

– кишечно-инфекционных болезней (брюшной тиф, паратифы, дизентерия и др.) распространяются через воду, пищевые продукты, а также мухами;

– воздушно-капельных болезней (грипп, корь, дифтерия и др.) передаются от больного к здоровому преимущественно с воздухом (при кашле, чиханье, разговоре);

– инфекционных болезней наружных покровов (кожи, видимых слизистых оболочек) передаются от больного человека или животного при непосредственном контакте и через предметы обихода (грибковые заболевания кожи и др.);

– так называемых кровяных инфекций – сыпного тифа, возвратного тифа, клещевого и комариного энцефалитов, малярии и др. передаются от человека (животного) к человеку через кровососущих членистоногих переносчиков: вшей, комаров, клещей, москитов, слепней и др.

Такие отрицательные факторы, как голодание, однообразное нерегулярное питание, недостаток витаминов, белков в пище, переутомление, перегревание, переохлаждение, глистные и другие заболевания, ослабляют организм, способствуют более тяжелому течению болезни и возникновению осложнений.

Инфекционные болезни разделяются на антропонозы и зоонозы. Антропонозы – инфекционные болезни, распространенные только у людей, и человек заражается ими лишь от человека (брюшной тиф, дизентерия, холера, дифтерия, корь и др.). Зоонозы – инфекционные болезни животных, которыми могут заболеть и люди. Их возбудители передаются человеку различными путями: при контакте с больными животными – через поврежденную кожу и слизистые оболочки (сибирская язва, сап, ящур); при укусе больными животными или ослюнивании (бешенство); через кровососущих насекомых и клещей.

Патогенные микробы размножаются только в организме человека или животного. В воде, воздухе, предметах обстановки и т. д. микробы со временем погибают. Поэтому единственным источником возбудителей инфекционных болезней являются больные люди и животные или бациллоносители.

При возникновении очага инфекционного заболевания на зараженной территории вводится карантин или обсервация. Постоянные карантинные мероприятия в отношении людей, животных и растений осуществляются также таможнями на государственных границах.

Карантин – это система противоэпидемических и режимных мероприятий, направленных на полную изоляцию очага заражения от окружающего населения и ликвидацию инфекционных заболеваний в нем. Вокруг очага устанавливается вооруженная охрана, запрещается въезд и выезд, а также вывоз имущества. Снабжение карантинизированных производится через специальные пункты под строгим медицинским контролем.

Обсервация – это система изоляционно-ограничительных мероприятий, направленных на ограничение въезда, выезда и общения людей на территории, объявленной опасной, усиление медицинского наблюдения, предупреждение распространения и ликвидация инфекционных заболеваний. Она вводится при установлении возбудителей инфекций, не относящихся к группе особо опасных, а также в районах, непосредственно соприкасающихся с границей карантинной зоны [26].

Краткая характеристика возбудителей основных инфекционных заболеваний и сроки обсервации и карантинизации приведены в таблице 23 [26].

Введение и снятие карантина и обсервации производится по указанию местных органов власти.

Меры профилактики при инфекционных болезнях. Лечение больных проводят в инфекционных больницах или инфекционных отделах больниц, а в некоторых случаях (напр., острые респираторные заболевания) и дома. При этом обязательным условием является соблюдение строгого противоэпидемического режима.

Для профилактики зоонозов выявляют и изолируют или уничтожают больных животных, проводят дезинфекцию мест содержания скота, борьбу с

грызунами, кровососущими насекомыми, профилактические прививки лицам, работающим с животными и др.

Для предупреждения кишечных инфекционных болезней осуществляют выявление, изоляцию и лечение больных и бактерионосителей, борьбу с мухами.

Таблица 23 – Краткая характеристика основных инфекционных заболеваний и сроки обсервации и карантинизации

Вид заболевания	Средний инкубац. период, сут	Опасность больного для окружающих	Обсервация, сут	Карантин, сут
Чума	1-3	Очень опасен	-	6
Холера	1-3	Очень опасен	-	6
Сибирская язва	1-3	Мало опасен	8	8*
Туляремия	3-6	Не опасен	6	-
Сап	2-3	Опасен	14	14*
Сыпной тиф	10-14	Опасен при педикулезе	23	23**
Натуральная оспа	13-14	Очень опасен	-	17
Ботулинический токсин	До 1	Не опасен	2	-

* При массовой заболеваемости и наличии контактного распространения.

** При массовой заболеваемости и наличии педикулеза.

Примечание. Сроки карантина и обсервации устанавливают исходя из длительности максимального инкубационного периода заболевания. Его исчисляют с момента госпитализации последнего больного и окончания дезинфекции [26].

Важно соблюдать правила приготовления, хранения и транспортировки пищевых продуктов. Следует обязательно мыть руки с мылом перед едой, после посещения уборной, мыть фрукты и овощи перед употреблением, кипятить молоко, пить только обеззараженную (кипяченую) воду.

Для предупреждения распространения воздушно-капельных инфекций необходимо изолировать больного, проветривать и делать влажную уборку помещения, при уходе за больным пользоваться четырехслойной марлевой маской, больной же должен при разговоре, кашле, чиханье прикрывать рот и нос платком.

Для профилактики кровяных инфекционных болезней выявляют и изолируют заболевших, проводят наблюдение за лицами, общавшимися с ними, организуют борьбу с кровососущими насекомыми, защиту людей от их укусов, используя механические средства защиты (защитные сетки, полог, спецодежду) и отпугивающие средства.

Для профилактики инфекционных болезней наружных покровов проводят выявление и лечение больных. Необходимо строго соблюдать гигиенический режим – индивидуальное постельное и нательное белье, полотенца и др. При сибирской язве, сапе, ящуре и др. основное значение имеют санитарно-ветеринарные мероприятия.

В целях профилактики многих инфекционных болезней делают предохранительные прививки.

В Казахстане ведется планомерная и систематическая борьба с инфекционными болезнями. Практически искоренены такие заболевания, как возвратный тиф, чума, натуральная оспа и др. Резко снижена заболеваемость многими инфекциями.

Глава 14. Биологическое оружие и биологический терроризм

14.1 Общая характеристика биологического оружия

Биологическое оружие (БО) – это оружие массового поражения, действие которого основано на использовании болезнетворных свойств микроорганизмов и токсинов, способных вызывать различные заболевания и гибель людей, животных и растений. Разработка биологического оружия началась в конце XIX века.

Уже в период Первой мировой войны Германия неоднократно пыталась применять диверсионными методами возбудители сибирской язвы и сапа. Причем главным объектом биологических атак были кавалерийские кони и сельскохозяйственные животные.

В конце 1930-х годов Япония создала на территории оккупированной Манчжурии научно-исследовательский центр для разработки БО – «Отряд-731». Испытания проводились на пленных гражданах Китая, США, СССР. Погибло 3000 человек. С 1940 по 1944 год японская армия более 11 раз применяла биологическое оружие. Только от чумы погибло 700 человек.

В 1952 году США развязали биологическую войну в Корее и Китае. Применялись возбудители чумы, холеры, сибирской язвы, а также БС, уничтожающие посевы.

В 1981 году на Кубе возникла эпидемия лихорадки Денге. Заболело более 300 тысяч человек, погибло 156 человек. Причиной эпидемии явились комары рода Aedes, выращенные и зараженные американскими специалистами.

В 1991 году была угроза того, что Ирак применит вирусы сибирской язвы. Американские военные специалисты считают, что в ходе регионального конфликта из всех биологических агентов наиболее вероятно применение рецептур на основе бактерий сибирской язвы.

По оценкам международных экспертов в настоящее время до 25% всех средств, выделенных на биологическую защиту, тратится на разработку высокотоксичных микроорганизмов, то есть на то, что можно использовать как «наступательное биологическое оружие».

БО рассматривается, в основном, как оружие стратегического и оперативного назначения. Оно применяется внезапно, массировано, на основе простых планов и при строгом соблюдении единства командования, в сочетании с обычным и ядерным оружием, при тщательном учете боевых свойств и особенностей поражающего действия биологических средств с обеспечением безопасности своих сил.

Применением БО решаются задачи массового поражения людей, с/х животных и посевов. В некоторых случаях биологические средства применяются для порчи техники и материалов.

БО может быть применено противником как в целях непосредственного поражения людей, так и для создания угрозы их поражения путем длительного заражения местности. БО включает два компонента: биологические средства и средства их применения.

14.2 Тенденции развития биологического оружия

Гормональное (биохимическое) оружие. В его основе лежит использование эндогенных биорегуляторов или их структурных модификаций.

Генное оружие. Бурное развитие такой области биотехнологии, как генная инженерия, открыло возможность направленно модифицировать свойства существующих микроорганизмов и даже создавать совершенно новые их виды. Используя методы обмена генетической информации, появилась реальная возможность получать штаммы микроорганизмов, имеющие измененную антигенную структуру и отличительные свойства: повышенную вирулентность, устойчивость к действиям внешних факторов и лекарственных препаратов.

Кроме того, разработанные методы микроинкапсулирования биоагентов позволяют значительно увеличить аэробиологическую стабильность наиболее мелких частиц биологического аэрозоля и обеспечить более глубокое проникновение их в органы дыхания, а отсюда и более высокую степень поражения. Это открывает возможность использовать в качестве оружия инкапсулированный генетический материал – вирусные инфекционные нуклеиновые кислоты, которые, попадая в клетки тканей человека (животных), заставляют их синтезировать вирусные частицы и тем самым вызывают инфекционное заболевание.

Этническое оружие. Является разновидностью биологического оружия. Обладает избирательной способностью поражения отдельных этнических групп. Примером является заболевание «кокцидиоза гранулема» вызывающая у белых смертность лишь 5%, а у негров – до 60%.

14.3 Характеристика биологических средств

Номенклатура биологических средств. Основу поражающего действия биологического оружия составляют специально отобранные для боевого применения БС (бактерии, вирусы, риккетсии, грибки), способные

при попадании в организм вызывать массовые тяжелые заболевания и гибель людей и животных, поражения посевов, повреждение техники и материалов.

К БС относятся:

– патогенные микроорганизмы для поражения людей (таблица 24), животных и посевов;

– насекомые – вредители с/х культур;

– грибки и бактерии для повреждения техники и горюче-смазочных материалов [29].

Биологические средства, применяемые для поражения животных и сельскохозяйственных посевов. Для поражения сельскохозяйственных животных используют: чуму крупного рогатого скота, чуму свиней, чуму птиц, африканскую лихорадку свиней, оспу овец, сибирскую язву, сап, лихорадку долины Рифт.

Таблица 24 – Биологические средства, применяемые для поражения людей

Бактерии	Риккетсии	Вирусы	Грибки
1. Сибирская язва	7.Сыпной тиф	9. Натуральная оспа	Микозы
2. Чума	8.Ку-лихорадка	10. Лихорадка Марбург	
3. Туляремия		11. Лихорадка Эбола	
4. Бруцеллез		12. Желтая лихорадка	
5. Сап		13. Лихорадка денге	
6. Мелиоидоз		14. Лихорадка Ласса	
		15. Венесуэльский энцефаломиелит лошадей (ВЭЛ)	

Для поражения посевов сельскохозяйственных культур используются: возбудители ржавчины хлебных злаков, фитофтороза картофеля, пирикуляриоза риса, гоммоза сахарного тростника, хлопчатника; из насекомых-вредителей растений применяют колорадского жука, саранчу и гессенскую муху.

Биологические средства, применяемые для повреждения техники и материально-технических средств. Для повреждения электроизоляции, радиоизоляции и радиоэлектронного оборудования применяют плесневые грибы Aspergillus и бактерии рода Mucobacterium.

Для повреждения горюче-смазочных материалов применяют бактерии рада Cladosporium, Penicillium, Mucor, Pseudomonas.

14.4 Параметры биологических средств

К числу параметров, по которым целесообразно характеризовать БС, относятся: тактическое назначение, контагиозность, боевое применение, быстродействие, продолжительность потери боеспособности.

По тактическому назначению БС можно разделить на:

– БС смертельного действия (сибирская язва, чума – при заражении этими болезнями смертность может составить до 100% от числа пораженных);

– БС, временно выводящие из строя (туляремия, бруцеллез, лихорадки, энцефалиты – при заражении этими болезнями смертность не превышает 40%);

– БС, предназначенные для поражения с/х культур (насекомые-вредители с/х культур, возбудители болезней культурных растений);

– БС, предназначенные для поражения с/х животных;

– БС, предназначенные для вывода из строя техники и материалов.

Контагиозность БС состоит в их способности передаваться от пораженных к окружающим здоровым людям через воздух, укусы насекомых и т.п. То есть в их способности вызывать эпидемии.

К контагиозным заболеваниям (вызывающим эпидемии) относятся: чума, натуральная оспа, холера, такие разновидности геморрагических лихорадок, как Марбург, Эбола, Лаоса.

К неконтагиозным заболеваниям относятся: сибирская язва, бруцеллез, ку-лихорадка, желтая лихорадка, энцефалиты, такие разновидности геморрагических лихорадок, как Аргентинская, Боливийская, Конго-Крымская.

К способам боевого применения БС относятся:

– распыление аэрозолей для заражения воздуха и местности;

– заражение воды, пищи и предметов домашнего обихода БС в жидком и твердом виде;

– рассеивание зараженных насекомых, таких как комары (желтая лихорадка, лихорадка денге), клещи (туляремия, ку-лихорадка), блохи (чума).

Быстродействие БС – характеризуется продолжительностью инкубационного периода, то есть периода, когда заболевший сохраняет боеспособность и не подозревает о том, что он болен. Наиболее часто инкубационный период продолжается от 2 до 5 суток. Например: чума, туляремия – 3 дня, сибирская язва – от 1 до 7 дней, желтая лихорадка – 5 дней, геморрагические лихорадки – от 3 до 14 дней.

Продолжительность потери боеспособности при поражении БС может составить срок от одной недели до нескольких месяцев, в зависимости от вида болезни и степени её тяжести.

Характеристики боевых свойств некоторых биологических средств, которые могут быть использованы противником, для поражения людей приведены в таблицах 25–27.

Для боевого применения используются биологические рецептуры, представляющие собой смесь (взвесь) БС, питательной среды или ее остатков, а также наполнителей и стабилизирующих добавок, которые предназначены для повышения устойчивости живых микроорганизмов при хранении, аэрозолировании и во внешней среде.

Таблица 25 – Параметры вирусных биологических агентов

Тип БС	Натуральная оспа	ВЭЛ	Желтая лихорадка	Лихорадка Денге
Такт. назначение	ВВС	ВВС	ВВС	ВВС
Контагиозность	К	НК	НК	НК
Боевое применение	Распыление в воздухе			
	Заражение воды и предметов домашнего обихода	Комары	Комары	Комары
		—	—	—
Инкубац. период, сутки	14	5	5	15
Прод. потери БС, сутки	до 24	до 10	до 14	до 45

Таблица 26 – Параметры бактерицидных биологических агентов

Тип БС	Чума	Сибирская язва	Туляремия	Бруцеллез
Такт, назначение	Смерть	Смерть	ВВС	ВВС
Контагиозность	К	НК	НК	НК
Боевое применение	Распыление в воздухе. Заражение воды и пищи			
	Заражение предметов дом. обихода			
	Блохи	—	Клещи	—
Инкуб. период, сутки	3	3	3	7-30
Прод. потери БС, сутки	45-60	до 60	до 60	до 30

Таблица 27 – Параметры риккетсионных биологических агентов

Тип БС	Ку-лихорадка	Сыпной тиф
Тактическое назначение	ВВС	ВВС
Контагиозность	НК	НК (К - в опред. условиях)
Боевое применение	Клещи	Вши
	Распыление в воздухе	
Инкубационный период, сутки	15	14
Продолжительность потери БС, сутки	до 45	до 24

14.5 Характеристика болезней

Сибирская язва, Anthrax. Возбудитель – бактерия Bacillus anthracis. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, заражение предметов домашнего обихода. Устойчивость во внешней среде высокая. Средний инкубационный

(скрытый) период – 3 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 60 суток. Без лечения смертность заболевания составит 100% (БС смертельного типа). Контагиозность – отсутствует. Сибирская язва – зоонозное заболевание, то есть это заразная болезнь животных, передающаяся человеку. Различают кожную и легочную форму.

При кожной форме в области входных ворот инфекции появляется зудящее красное пятно, затем на его месте образуется черный струп с углублением в центре. По виду струп напоминает уголь, что и послужило основанием для названия сибирской язвы по латыни Anthrax (уголь). Через две недели струп отторгается и под ним обнаруживается язва, которая быстро рубцуется. При тяжелой степени заболевания возникают кровяной кашель, понос и смертельный исход.

При легочной форме – озноб, повышение температуры, чувство стеснения в груди, насморк, кашель, одышка, воспаление легких, плеврит, через 2-3 дня смерть.

Чума, Pestis. Возбудитель – бактерия Yersinia pestis. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, заражение воды, пищи, предметов домашнего обихода, рассеивание искусственно зараженных блох. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – 3 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – от 45 до 60 суток. Без лечения смертность заболевания может составить 100% (БС смертельного типа). Контагиозность высокая. Чума – зоонозное заболевание, то есть это заразная болезнь животных, передающаяся человеку. Им болеют грызуны – крысы, суслики, мыши. Чума – это особо опасное инфекционное заболевание, в XIV веке за пять лет умерло 50 миллионов человек. Существует две формы чумы: бубонная и легочная. При вдыхании чумных микробов развивается легочная форма: сильный озноб, лихорадка, речь невнятная, походка шатающаяся, бред, кома, смерть.

Туляремия. Возбудитель – бактерия Francisella tularensis. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, заражение воды, пищи, рассеивание искусственно зараженных членистоногих переносчиков (клещей). Устойчивость во внешней среде малая. Средний инкубационный период – от 3 до 6 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 60 суток. Без лечения смертность заболевания может составить – от 5% до 50%. Контагиозность отсутствует. Туляремия – зоонозное заболевание, то есть это заразная болезнь животных, передающаяся человеку. Сильная лихорадка, головная боль, рвота, сыпь, бронхопневмония.

Бруцеллез. Возбудитель – бактерии Brusella suis, brusella meliten-sis. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, заражение воды, пищи. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный период – от 7 до 21 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – 30 суток при острой форме. Без

лечения смертность заболевания может составить до 10%. Контагиозность отсутствует.

Бруцеллез – зоонозное заболевание, то есть это заразная болезнь животных, передающаяся человеку. Лихорадка, поражение опорно-двигательного аппарата.

Сап. Возбудитель – бактерия Pseudomonas mallei. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, заражение воды, пищи, предметов домашнего обихода. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – 3-5 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 30 суток. Без лечения смертность заболевания составит – 70%. Контагиозность отсутствует.

Мелиоидоз. Возбудитель – бактерия Pseudomonas pseudomallei. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, заражение воды, пищи, предметов домашнего обихода. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – от 5 до 10 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 30 суток. Без лечения смертность заболевания составит 90%. Контагиозность отсутствует.

Сыпной тиф. Возбудитель – риккетсия Rickettsia prowazekii. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, рассеивание искусственно зараженных вшей. Устойчивость во внешней среде малая. Средний инкубационный (скрытый) период – 13 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 30 суток. Без лечения смертность заболевания составит 40%. Контагиозность отсутствует. Сыпной тиф – кровяная (трансмиссивная) инфекция.

Ку-лихорадка. Возбудитель – риккетсия Coxiella burnetii. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, рассеивание искусственно зараженных клещей-переносчиков. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – 15 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 45 суток. Без лечения смертность заболевания составит 2%. Контагиозность отсутствует. Ку-лихорадка – кровяная (трансмиссивная) инфекция.

Натуральная оспа. Возбудитель – вирус Poxvirus variolae. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, заражение воды и предметов домашнего обихода. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – 12 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 40 суток. Без лечения смертность заболевания составит 50 % (среди иммунизированных от 6% до 10%). Контагиозность – очень высокая. Натуральная оспа является заболеванием дыхательных органов (инфекция дыхательных путей).

Геморрагическая лихорадка Марбург. Возбудитель – вирус Marburg virus. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе. Устойчивость во внешней среде малая.

Средний инкубационный (скрытый) период – от 3 до 9 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – от 30 до 45 суток. Без лечения смертность заболевания составит 30%. Контагиозность высокая. Это кровяная (трансмиссивная) инфекция.

Геморрагическая лихорадка Эбола. Возбудитель – вирус Ebola virus. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – от 5 до 7 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – от 30 до 45 суток. Без лечения смертность заболевания составит – от 50% до 80%. Контагиозность относительно высокая. Это кровяная (трансмиссивная) инфекция.

Геморрагическая лихорадка Ласса. Возбудитель – вирус Lassa fever virus. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе. Устойчивость во внешней среде малая. Средний инкубационный (скрытый) период – от 5 до 7 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – от 30 до 45 суток. Без лечения смертность заболевания – 50%. Контагиозность относительно высокая. Это кровяная (трансмиссивная) инфекция. Геморрагические лихорадки стали известны в конце 40-вых годов. Важнейший клинический признак – геморрагический синдром. Он выражается в кровоизлияниях в кожу и слизистые оболочки, появление крови в моче. Смерть наступает в результате кровотечений и кровоизлияний во внутренние органы.

Желтая лихорадка. Возбудитель – вирус Yellow fever virus. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, рассеивание искусственно зараженных комаров. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – 5 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – от 30 до 45 суток. Без лечения смертность заболевания составит 20%. Контагиозность отсутствует.

Лихорадка Денге. Возбудитель – вирус Dengue virus. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, рассеивание искусственно зараженных комаров. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – 5 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 35 суток. Без лечения смертность заболевания может составить около 1%. Контагиозность отсутствует.

Венесуэльский энцефаломиелит лошадей, (ВЭЛ). Возбудитель – вирус Venezuelan equine encephalomyelitis virus. Способ распространения в условиях биологической войны – распыление рецептуры в воздухе, рассеивание искусственно зараженных комаров. Устойчивость во внешней среде средняя. Средний инкубационный (скрытый) период – 5 суток. Средняя продолжительность потери боеспособности – до 14 суток. Без лечения смертность заболевания составит около 1%. Контагиозность отсутствует.

14.6 Характеристика технических средств применения биологического оружия

В настоящее время противник располагает современной системой технических средств применения биологических рецептур (БР) и их доставки к цели. Эти средства позволяют поражать любые объекты на территории противника. К средствам применения БС относятся биологические боеприпасы, энтомологические боеприпасы и диверсионные средства.

К биологическим боеприпасам относятся: биологические бомбы, распылительные авиационные приборы, генераторы биологических аэрозолей, биологические боевые части оперативно-тактических и крылатых ракет.

К энтомологическим боеприпасам относятся авиационные энтомологические бомбы и энтомологические контейнеры.

К диверсионным средствам относится малогабаритное диверсионное снаряжение (портативные генераторы аэрозолей и распиливающие пеналы).

Технические средства применения БР могут быть кассетного и бакового типа. Технические средства применения БР кассетного типа основаны на использовании биологических бомб малого калибра взрывного принципа действия, которые образуют при срабатывании облако биологического аэрозоля.

Технические средства применения бакового типа представляют собой различные выливные и распыливающие приборы, предназначенные для диспергирования БР. Работа приборов такого типа состоит в выбросе БР над поверхностью земли в открытую атмосферу в виде аэрозольного облака, которое распространяется над целью.

В качестве носителей БО могут быть использованы пилотируемые и беспилотные летательные аппараты, автоматические аэростаты и даже подводные лодки.

Доставка технических средств применения может осуществляться стратегическими, оперативно-тактическими и крылатыми ракетами, самолетами стратегической и тактической авиации.

14.7 Биологический терроризм

В последние годы увеличилось количество применения БО диверсионными методами при проведении террористических актов.

В 1972 году в США при аресте фашистской группы «Орден восходящего солнца» было изъято более 30 кг культуры возбудителя брюшного тифа. Ее планировали использовать для заражения системы водоснабжения города Чикаго и других городов США.

В «Комсомольской правде» 15.10.99 г. описан случай, когда в 1995 году диверсанты из таджикской оппозиции заразили желтухой почти весь личный состав одного из ракетных дивизионов 201 миротворческой дивизии (закачали в арбузы и персики мочу больных желтухой).

В 2001 году в США по почте рассылались письма со спорами порошка сибирской язвы. Несколько человек погибло, несколько десятков человек заболело. За считанные дни раскупили все противогазы и медицинские средства защиты от язвы.

Специалисты по борьбе с терроризмом считают, что наиболее доступными биологическими агентами для проведения терактов являются:

– возбудители опасных инфекций (сибирской язвы, натуральной оспы, туляремии и др.);

– токсины (ботулотоксины, нейротоксины).

Биологические агенты могут быть похищены из учреждений, осуществляющих производство вакцинных препаратов от особо опасных инфекций. Кроме того, БА могут быть получены нелегально в лабораторных условиях. Специалисты из секты «Аум Синрикё» планировали работы по получению ряда биологических рецептур.

14.7.1 Биотерроризм как наиболее опасный вид терроризма

Объектами применения биологических агентов могут быть крупные объекты с большим скоплением людей, а также системы водоснабжения городов, партии продуктов питания и напитков.

Терроризм в любых формах своего проявления превратился в одну из опасных по своим масштабам, непредсказуемости и последствиям общественно-политических и моральных проблем, с которыми человечество вошло в XXI столетие.

На сегодня терроризм – растущая индустрия. Заметна динамика роста числа террористических групп в современном мире. Если в 80-е годы их было от 500 до 800, то сейчас число доходит до 1000.

В отчете Министерства Иностранных дел США – “Тенденции мирового терроризма” (2000) отмечено увеличение количества смертей в результате террористических актов в мире в 2000 году по сравнению с 1999 годом с 233 до 405 соответственно. События сентября 2001 года увеличили эти показатели в 2001 году на порядок. По количеству пострадавших от террористических актов среди регионов первое место занимает Азия, второе – Африка и третье – Средний Восток. По числу террористических инцидентов на первом месте находится Латинская Америка, на втором – Азия и на третьем – Африка. Например, в Российской Федерации рост преступлений террористической направленности наблюдается в последние 10-15 лет, когда стала резко ухудшаться социально-экономическая, политическая и идеологическая ситуация. По статистическим данным Министерства внутренних дел, в 1994 году было зарегистрировано актов терроризма – 18 , в 1995 – 46, 1997 – 32, 1998 – 21, 1999 – 20, а в 2000 – 135 или в 3 раза больше, чем пять лет назад [30].

Особую опасность для человеческого сообщества представляет угроза неожиданного использования террористами оружия массового уничтожения (ОМУ) – химического, бактериологического, радиологического, ядерного. В

последние годы по информации ЦРУ наблюдается повышенное внимание террористов к ОМУ с целью овладения ими.

В период между 1900 и серединой 2001 года было отмечено 262 инцидента с применением биологических агентов. Из них 157 (60%) рассматривались как случаи терроризма и 105 (40%) – как уголовные, включающие случаи вымогательства или попытки убийства, не преследующие политические цели. За этот же отрезок времени в результате применения биологических агентов как в террористических инцидентах, так и в уголовных преступлениях было зарегистрировано 77 смертельных случаев [31].

Биологическое оружие, с точки зрения специалистов, представляет наибольшую опасность среди оружия массового уничтожения (ядерного, химического биологического). Оно имеет наивысший по сравнению с другими видами оружия поражающий потенциал, по оценкам ФБР число жертв в результате рассеивания в воздухе 100 кг спор сибирской язвы над любым крупным городом США окажется намного больше, чем от взрыва водородной бомбы мощностью в 1 Мт [31].

В отличие от химического оружия, потенциальные агенты которого хорошо изучены и для большинства из них отработаны методы обнаружения, лечения пострадавших и дезинфекции, в случае биологических агентов возникает качественно другая ситуация. В природе существует огромное разнообразие микроорганизмов – вирусов, бактерий и грибов, вызывающих заболевания человека, растений и животных. По оценкам экспертов, нам известно не более долей процента существующих вирусов, несколько процентов микробов. Природа постоянно создает новые патогены – так называемые «возникающие инфекции». Только за последние 20 лет зарегистрировано более 30 новых инфекционных агентов, таких как ВИЧ, вирусы Марбург, Эбола, против которых до сих пор нет средств лечения и профилактики.

Привлекательность биологического оружия для террористов обусловлена такими причинами, как:

– биологическое оружие легко доступно. Микроорганизмы, которые могут быть использованы в качестве агентов, существуют в природе. За исключением вируса натуральной оспы, который был элиминирован в результате 30 летнего проведения профилактических прививок, другие особо опасные инфекции распространены повсеместно. В природе существуют и сибирская язва, и чума, и геморрагические лихорадки. Вспышки заболеваний, вызываемых патогенными микроорганизмами, представляют серьёзную угрозу безопасности человечества даже без биологической войны или биотерроризма;

– биологическое оружие просто в изготовлении. Во всех странах есть лаборатории контроля за санитарно-эпидемиологической обстановкой с необходимым оборудованием, любое микробиологическое производство можно переоборудовать для наработки больших количеств

микроорганизмов-возбудителей. По данным ФБР, в США существует 22 тыс. лабораторий, способных производить биологическое оружие [31];

– биологическое оружие удобно для хранения и транспортировки. В отличие от химического оружия, применение которого требует создания сравнительно больших запасов соответствующих отравляющих веществ, отдельные виды биологических агентов являются самовоспроизводящимися. При наличии небольшого исходного запаса биоматериала с помощью современных методов промышленной микробиологии и биотехнологии крупномасштабное производство БА может быть налажено в течение нескольких недель.

Использование биологического оружия террористами отличается от применения других типов химического, радиологического или ядерного оружия ещё и тем, что оно предъявляет особенно высокие требования к системам здравоохранения и медицинского обслуживания государства. Хотя химическая атака также задевает эти системы, биотеррористические события имеют для системы здравоохранения более тяжелые последствия.

Биологическое оружие в руках террористов, помимо прямых человеческих потерь, имеет еще одно поражающее воздействие – оно способно вызывать масштабную панику и гражданский хаос. Причем для достижения этой цели совсем не нужно устраивать широких эпидемий. Необходимо просто показать всем наличие такой угрозы и незащищенность от нее. Примером этого явились события осени прошлого года, когда почтовые конверты со спорами сибирской язвы посеяли панику во всем мире. Специалисты уже окрестили это явление – психотерроризм. Самый страшный психологический удар пришелся на США.

Как всякий терроризм, биотерроризм имеет, прежде всего, политико-идеологические корни. Характер преследуемых целей и задач – борьба за власть и политико-экономическое влияние в современном мире требует от террористов XXI века осуществления глобальных акций, способных самым серьезным образом воздействовать на населения и правительства разных стран. Реализация этих целей возможна только путем применения или угрозой применения какого-либо из видов оружия массового поражения: ядерного, химического или биологического.

Анализируя произошедшие с 1960 года террористические акты, специалисты Монтерейского Института Международных Исследований выделили в качестве основных мотивов для совершения террористических действий следующие [31]:

– продвижение националистических или сепаратистских целей;

– ответ или месть на реальную или ощущаемую несправедливость;

– протест против политики, проводимой государством;

– защита прав животных.

Мотивации, лежащие в основе террористических инцидентов с применением оружия массового уничтожения, эволюционируют во времени. У террористов 60-х – 70-х годов главным мотивом было рекламирование

целей, доведение их до возможно более широкой общественной аудитории. В период с1975 по 1989 годы преобладающей мотивацией являлось несогласие с проводимой государством политикой. С начала 90-х годов на первые позиции вышли продвижение националистических и сепаратистских целей. В 1993 году после террористических актов, осуществленных религиозной культовой организацией Аум Синрикё, мотивация которой – апокалиптические идеи, на первое место вышли эти три мотивирующих фактора. Именно они преобладают, если рассматривать только случаи биотерроризма [31].

14.7.2 Биотерроризм как составляющая часть угрозы распространения опасных инфекционных заболеваний человека и животных

Любой из тысячи биологических патогенов, который способен вызывать заболевание у человека, может рассматриваться в качестве потенциального биологического оружия.

В действительности применение только немногих из них может иметь тяжелые последствия и оказать серьёзное воздействие на систему здравоохранения. Чтобы сконцентрировать усилия по противодействию угрозе применения биологических патогенов, важно, чтобы эти патогены были идентифицированы и расставлены в порядке их значимости. Существуют различные списки агентов биологического оружия или потенциально опасных биологически агентов. В большинстве случаев оценка потенциальной опасности патогенов для биологической войны или терроризма исторически основывалась на их стратегической значимости на поле сражения и критериях для защиты армии.

Однако по ряду характеристик мирное население отличается от военного состава. Это – более широкий возрастной диапазон, состояние здоровья и другие характеристики, которые способны значительно усилить последствия биологической атаки для мирного населения. Так мирное население может быть гораздо более уязвимо к пищевому терроризму и терроризму, распространяемому через воду.

В 1999 году были разработаны общие критерии отбора биологических агентов, наиболее опасных для мирного населения. Выбор агентов производился по критериям:

– воздействие на систему здравоохранения, основанное на заболевании и гибели людей;

– способность к массовому и эффективному поражению населения, основанная на стабильности агента, способности к крупномасштабному производству и распространению агента, возможности агента передаваться от человека к человеку;

– реакция общества, в основе которой лежит страх возможной дезорганизации общества;

– необходимость специальной подготовленности системы здравоохранения, в основе которой – требования создания резервов, усиление надзора или потребностей диагностики.

На основе рассмотренных списков и принятых критериев в список наиболее опасных для мирного населения биологических агентов было отобрано около 40 биологических агентов (вирусы или вирусные группы, бактерий, риккетсии, грибы и токсины). Были сформированы 3 категории, включающие агенты по степени угрозы для мирного населения, представленные в таблице 28 [31].

Таблица 28 – Категории распределения опасных биологических агентов

Биологические агенты	Заболевания
Категория А	
Variola major	Оспа натуральная
Bacillus anthracis	Сибирская язва
Yersinia pestis	Чума
Clostridium botulinum (ботулинические токсины)	Ботулизм
Francisella tularensis	Туляремия
Филовирусы и Аренавирусы (например вирусы Эбола и Ласса)	Вирусные геморрагические лихорадки
Категория Б	
Coxiella burnetii	Лихорадка Ку
Brucella spp.	Бруцеллёз
Burkholderia mallei	Сап
Burkholderia pseudomallei	Мелиодоз
Alphaviruses (ВЭЛ, ВсЭЛ, ЗЭЛ[a])	Энцефалит
Rickettsia prowazekii	Сыпной тиф
Токсины (например, Рицин, Стафилококковый энтеротоксин В)	Токсические синдромы
Chlamydia psittaci	Орнитозы
Патогены угрожающие пищевой безопасности (e.g., Salmonella spp., Escherichia coli O157:H7)	
Патогены угрожающие водной безопасности (e.g., Vibrio cholerae, Cryptosporidium parvum)	
Категория С	
Возникающие опасные агенты (например Nipah вирус, хантавирусы)	

[a]Вирусы венесуэльского энцефаломиелита лошадей (ВЭЛ), восточного энцефаломиелита лошадей (ВсЭЛ) и западного энцефаломиелита лошадей (ЗЭЛ)

Все агенты категории А представляют самую большую угрозу для системы здравоохранения, обусловленную массовыми жертвами и требуют широкого комплекса усилий по подготовке здравоохранительных структур (улучшение надзора и лабораторной диагностики, создание запаса специфических медикаментов). Способность агентов этой категории к масштабному распространению оценивается от средней до высокой, вместе с

тем информация о них распространяется быстро, что может вызвать массовую панику и нарушение общественного порядка.

Возглавляют список агентов категории А заболевания, с древних времён печально известные страшными эпидемиями с большим количеством жертв. Это **оспа, чума, сибирская язва.**

Наибольшие опасения связаны с угрозой применения террористами вируса **натуральной оспы.** Оспа унесла наибольшее число жизней в истории человечества, убив в общей сложности около полумиллиарда человек, – больше, чем все войны и прочие эпидемии вместе взятые. В качестве одного из самых ранних примеров использования вируса оспы как орудия терроризма можно привести случай заражения коренных жителей Америки – индейцев натуральной оспой через инфицированные одеяла, которые были переданы им в знак дружбы белыми колонистами в 1763 году. Позднее этот прием неоднократно использовался британскими солдатами для истребления коренного населения Америки. Тогда всего за несколько лет население континента сократилось с 75 миллионов до 600 тысяч человек [32]. Факт применения вируса оспы с целью уничтожения противника отмечен во время войны Франции и Индии (1754–1767) [31].

Вирус натуральной оспы считается самым опасным агентом из-за клинических и эпидемиологических свойств. Для оспы характерен высокий процент заражений при контакте с больным и длительный инкубационный период, затрудняющий диагностику. Этот вирус может нарабатываться в больших количествах, храниться в течение длительного времени, распространяться в аэрозольном виде.

Возможность попадания такого агента в руки террористов существует. Официально в мире этот вирус находится только в двух местах: в научном центре Атланты, США и в российском Государственном научном центре вирусологии и биотехнологии "Вектор", расположенном в поселке Кольцово. Однако нельзя гарантировать, что кроме этих двух официальных коллекций штаммов оспы, контролируемых ВОЗ, нет в мире других – подпольных. Доступность официальных коллекций для потенциальных террористов также не исключается. Кроме того, сейчас выдвигают вполне обоснованные гипотезы зарождения в природе близких человеческой оспе и столь же опасных инфекций из вирусов оспы обезьян, буйволов, верблюдов или коров. Так в период с 1996 по 1998 год в Заире был отмечен значительный рост заболеваемости среди людей оспой обезьян [31].

Последствия попадания вируса оспы в руки террористов и применения его в качестве биологического оружия могут быть катастрофическими не только для страны, но и для всего мирового сообщества. Примером развития событий в отдельно взятой стране при появлении только одного инфицированного человека является вспышка оспы в Югославии в 1972 году. К моменту установления правильного диагноза у первого заболевшего через четыре недели после начала заболевания было уже инфицировано 150 человек [31]. Инфекция распространилась по стране, последовало заражение

следующих людей. Меры, принятые правительством и системой здравоохранения, заключались в проведении массовой вакцинации и карантинных мероприятиях. Было вакцинировано 20 миллионов человек. 10000 человек, имевших контакты с инфицированными, были изолированы в течение двух и более недель, были закрыты границы с соседствующими странами. Вспышку удалось ликвидировать через 9 недель после первого случая заболевания. Результатом её явилось 175 человек заболевших, 35 смертельных случаев и возникшие паника и хаос. Следует отметить, что вспышка происходила в стране, где проводилась массовая вакцинация населения против оспы. На сегодняшний момент, по оценкам специалистов, не более 10-15% населения имеет иммунитет к оспе. На этом фоне проведение террористического акта с использованием вируса оспы вызовет драматические последствия.

Это подтверждают результаты учений по борьбе с широкомасштабным заражением американского населения оспой, проведенные в США. В этих учениях, которые назывались "Темная зима", приняли участие врачи, эксперты ряда крупнейших научных центров, высокопоставленные представители властей нескольких штатов. Учения выявили, что Соединенные Штаты абсолютно не готовы к отражению бактериологической атаки. По сценарию, в штатах Оклахома, Филадельфия и Атланта одновременно были проведены террористические акты, следствием которых стало «инфицирование» оспой 3000 человек. В разыгранном сценарии действия происходят в декабре 2002 года. Эпидемия, «созданная» во время учений, вызвала чудовищные беспорядки и привела к полному хаосу в подвергшемся атаке регионе, [33].

На втором месте в списке опасных агентов стоит **Bacillus anthracis, вызывающая сибирскую язву**. На протяжении столетий сибирская язва вызывала эпидемии среди животных и людей по всему миру. В начале века заболеваемость сибирской язвой носила массовый характер. С 1901 по 1910 гг. в России эта тяжелая инфекция ежегодно поражала более 16 тыс. человек и 75 тыс. сельскохозяйственных животных. В настоящее время заболеваемость носит спорадический характер с отдельными групповыми вспышками [31]. Сибирская язва встречается среди людей и животных в большинстве стран Африки и Азии, в некоторых странах южной Европы, в Америке и отдельных областях Австралии.

Исследование сибирской язвы в качестве возможного биологического агента началось около 80 лет тому назад. Военных биологов всегда привлекали такие качества сибирской язвы, как способность к спорообразованию (можно легко хранить и создавать области долговременного устойчивого заражения), а также то, что пораженный человек фактически является конечной точкой в пути инфекции (отсутствует опасность широкой эпидемии среди собственных солдат). Немаловажным фактором является также легкость разведения этой бактерии в культуре. Смертность от легочной формы сибирской язвы достигает 100%. Однако

поскольку болезнь эта поддается лечению, то эффект от применения такого оружия уступает эффекту от применения других видов оружия массового поражения – атомного или химического. Так произошедший в 1979 в Свердловске случай выброса около 10 кг произведенного в военных лабораториях возбудителя сибирской язвы с учетом распыления ветром над 1,2 миллионным городом привел, в конечном счете, к 66 летальным случаям [5].

События осени 2001 года показали, что использование Bacillus anthracis террористами может, не вызывая большого количества жертв, посеять страх и панику среди населения и дестабилизировать общественную жизнь. Огромные усилия были приложены ФБР совместно с учеными для распутывания тайны происхождения использованного штамма. После четырех месяцев проведения расследований специалисты по бактериологическому оружию сообщили, что в каждой из биотеррористических атак, проведенных в Нью-Йорке, Вашингтоне и Майами, использовался высоковирулентный, высокоустойчивый штамм Амес (Ames), наиболее предпочитаемый военными и террористами. Ни Россия, ни Ирак к этому штамму отношения не имеют. Артур Фридлендер из USAMRID признал, что лабораторий, обладающих вирулентными штаммами сибирской язвы, «не больше десятка». USAMRID является основной рассылочной базой штаммов Ames. За последние пятнадцать лет этот штамм бактерий передавался лишь в пять лабораторий США, Канады и Великобритании. Было выяснено первоначальное происхождение штамма – он был выделен в лаборатории ветеринарной медицинской диагностики при Техасском Университете и направлен в USAMRIID в мае 1981 года [34]. Анализ порошка спор, использованного в атаках, обнаружил очень высокую концентрацию и хорошее качество спор, сопоставимые с характеристиками, которые ранее достигались военными США при производстве биологического оружия, что указывает на специальные лабораторные условия производства порошка. В качестве наполнителя применялся силикат, секретная технология, по которой споры сибирской язвы обрабатывали в США в 1960-е годы. Этот факт также подтверждает возможную связь террориста с военной лабораторией или организацией. Сейчас проводится анализ ДНК, найденных спор сибирской язвы для сравнения их с ДНК различных бактериальных культур, хранящихся в лабораториях США [31].

Следующим в списке опасных биологических агентов категории А стоит **возбудитель чумы Yersinia pestis.** В течение двух последних тысячелетий чума унесла огромное количество жизней во время нескольких пандемий, затронув множество стран большинства континентов.

В настоящее время ежегодно в некоторых странах Азии, Африки и Америки возникают вспышки и спорадические случаи чумы. В странах бывшего СССР и в СНГ с 1959 по 1994 год выявлено 99 случаев заболеваний чумой. За последние десять лет единичные случаи чумы регистрировали

среди людей в природных очагах, расположенных на различных административных территориях Казахстана, и в Узбекистане [31].

И хотя наличие эффективных средств лечения и профилактики чумы снижает опасность этой инфекции для человека, заболеваемость по чуме в мире остаётся на достаточно высоком уровне и возникающие вспышки могут создать панику среди населения. Примером является вспышка 1994 года в Индии, когда сотни и тысячи людей пытались покинуть город Сурат, различные страны прекратили принимать и отправлять самолеты в Индию, и был запрещен импорт индийских товаров [31]. Последняя вспышка самой тяжелой легочной формой чумы была зарегистрирована в Индии 4 февраля 2002 года, на востоке штата Химачал-Прадеш. К 19 февраля сообщалось о 16 случаях заболевания и 4-х смертных случаях [31].

Одним из первых документально зафиксированных эпизодов биотерроризма с использованием чумы можно считать осаду генуэзской крепости Каффу (ныне Феодосия) в Крыму. Нападавшие забрасывали в крепость крыс и остатки трупов людей, умерших от чумы. В итоге Каффа сдалась, но отсюда чума распространилась по всей Европе, вызвав страшную эпидемию. Общие потери оцениваются в 25 млн человек, или около 10% населения мира [35].

Есть данных о том, что отдельные группы или лица пытаются разрабатывать чуму в качестве биологического оружия. В 1995 году сообщалось о случае в Огайо (США), где по подозрению был арестован микробиолог, купивший обманным путем в фирме через электронную почту возбудитель чумы.

Использование возбудителя чумы в качестве биологического оружия, по прогнозу специалистов, может привести к самым серьёзным последствиям. По сообщениям ВОЗ распыление 50 кг Yersinia pestis над городом с 5-миллионным населением, приведет к заражению не менее 150000 тысяч человек, 36000 тысяч из которых умрет. Полагают, что в случае умышленного применения Y pestis вероятнее всего будет использован наиболее эффективный аэрозольный способ распространения. При этом размер вспышки будет зависеть от таких факторов, как количество возбудителя, характеристика штамма, окружающая среда и метод аэрозолирования. На искусственное происхождение вспышки может указывать её возникновение в области, которая не известна как эндемичная для чумы, у людей, не входящих в группу риска, в отсутствие предшествующей гибели грызунов [31].

Замыкают список агентов категории А гемморагические лихорадки, вызываемые арена- и филовирусами. Наибольшее внимание привлекают возникшие новые инфекции, лихорадки Марбург и Эбола. Вирус Марбурга был впервые выделен в лаборатории из материалов от обезьяны. Вирус Эбола был идентифицирован в западной провинции Судана и в прилегающем районе Заира (сейчас Демократическая республика Конго) во время крупных эпидемий с летальностью до 90%. После вспышек было исследованы тысячи

проб от животных, обитающих в этих районах. Однако попытки найти естественный резервуар вируса и объяснить природу его возникновения до сих пор остаются безуспешными [31]. Выдвигалась версия, что появление геморрагической лихорадки Эбола связано с испытанием американской военно-медицинской службой биологического оружия в условиях джунглей.

С момента идентификации вируса было отмечено около 1500 случаев заболевания лихорадкой Эбола и около 1000 смертей (не считая самой последней вспышки) [36]. Последняя вспышка лихорадки Эбола произошла в декабре 2001 года в районе Мекамбо (Mekambo) на севере Габона. Первый человек заболел всего в нескольких километрах от границы с Республикой Конго. На 6 марта 2002 было подтверждено 60 случаев заболевания, из них 49 умерло [31].

Привлекательность возбудителей гемморрагических лихорадок в качестве биологического оружия обусловлена их высокой летальностью, эффективностью при аэрозольном способе заражения и возможностью размножаться в клеточной культуре.

Имеются данные, что в 1992 году группа членов секты Аум Синрикё под руководством Soko Asahara побывала в Заире с целью получения инфекционного материала, содержащего вирус Эбола, для его использования в террористических целях. Позднее, в 1995 году, сектой были предприняты попытки осуществления биотеррористических актов с распылением различных биологических агентов, в том числе вируса Эбола. О случаях заражения не сообщалось.

Глава 15. Биобезопасность и инфекционные заболевания

Инфекционные заболевания являются одной из главных причин преждевременной смерти в мире, ежегодно убивая более 13 миллионов детей и людей молодого возраста. Казалось, что мир покончил с этой проблемой, когда в 1980 году Ассамблея Всемирной Организации Здравоохранения объявила об искоренении оспы, а целый ряд инфекционных заболеваний удалось взять под контроль благодаря достижениям в области разработки вакцин и химиотерапевтических препаратов. Снижение смертности от инфекционных заболеваний, начавшееся с начала столетия и продолжавшееся до середины XX века, привело к распространению мнения о том, что человечество выигрывает многовековую войну с ними. Более того, в 70-е годы многие эксперты уже полагали, что борьба с инфекционными заболеваниями завершена и следует переключить национальные ресурсы на такие хронические проблемы, как рак и сердечные заболевания. Однако события последующих десятилетий показали, что остановить процесс распространения инфекционных заболеваний в той мере, какой хотелось бы, так и не удалось. А спокойствие, появившееся в 70-е годы в связи с предполагаемой отменой угрозы инфекционных заболеваний, привело к тому, что системы надзора за инфекционными заболеваниями в мире

перестали быть приоритетными. Отчасти по этой причине в большинстве развивающихся стран эти системы не поддерживались, что задержало признание важности проблем, связанных с новыми и вновь возвращающимися инфекционными заболеваниями, а следовательно, и принятие эффективных мер для борьбы с ними.

15.1 Возникающие и вновь возникающие инфекции как угроза бесконтрольного распространения эпидемий по земному шару

Мир сегодня оказался в положении, когда эпидемии вновь бесконтрольно распространяются по земному шару, но на этот раз с беспрецедентной скоростью, как следствие современных условий жизни, включая глобализацию, которая способствует быстрому распространению инфекционных агентов в мире. По словам лауреата нобелевской премии Joshua Lederberg “для инфекции не существует национальных границ, и мы дорого заплатим, если будем игнорировать тление инфекции повсюду” [31]. В борьбе между людьми и патогенными микробами неусыпная бдительность – цена выживания.

По данным ВОЗ на долю инфекционных болезней по-прежнему приходится 24,7% всех смертей в мире, а в развивающихся странах, где здравоохранение слабо финансируется, этот показатель возрастает до 45%. У детей смертность от инфекционных заболеваний достигает 63% от всех детских смертельных случаев и 48% – это преждевременные смерти. Причинами большинства этих смертей являются такие эпидемические инфекционные заболевания, как холера, менингококковая инфекция и корь. Холера вновь регистрируется в некоторых странах Латинской Америки, где она отсутствовала в течение более 100 лет. В 1998 году в ВОЗ поступила информация о более 300 тыс. случаях этого заболевания. Многочисленные вспышки менингококковой инфекции отмечаются в африканском регионе, где в 1997-98 годах было зарегистрировано 300 тыс. случаев менингита и умерло 35 тыс. человек. Эпидемии продолжаются, за последние месяцы 2000 года в Буркина Фасо зарегистрировано 1163 случаев заболевания с 216 летальными исходами, в Эфиопии – 1834 случая с 102 летальными исходами [31]. О новых или повторно выявленных инфекционных заболеваниях сейчас докладывается со скоростью примерно одно в год, и уже более тридцати новых инфекций были открыты с начала семидесятых годов, сведения о которых приведены в таблице 29 [37].

Инфекционные заболевания вторгаются в новые страны и континенты либо с помощью насекомых, либо животных, которые являются их носителями. Поэтому иногда достаточно трудно или даже невозможно их контролировать. Так произошло с лихорадкой Западного Нила, которая впервые появилась на Американском континенте в 1999 году и теперь уже прочно на нем закрепилась и распространилась. В последние годы эпизоотическая активность лихорадки Западного Нила особенно выражена на юго-востоке США.

Таблица 29 – Патогенные микроорганизмы и инфекционные заболевания, впервые выявленные с 1973 года

Год	Микроорганизм	Тип	Заболевания (синдромы)
1973	Ротавирус	Вирус	Основная причина диареи у детей во всем мире
1975	Парвовирус B19	Вирус	Апластический кризис при хронической гемолитической анемии
1976	*Cryptosporidium*	Паразит	Острая и хроническая диарея
1977	Вирус Эбола	Вирус	Геморрагическая лихорадка Эбола
1977	Legionella	Бактерии	Болезнь легионеров
1977	Вирус Хантаан	Вирус	Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом (HRFS)
1977	*Campylobacter jejuni*	Бактерии	Энтериты
1980	Т-лимфотропный вирус человека I (HTLV-1)	Вирус	Т-клеточная лимфома и лейкемия
1981	Токсичные штам-мы-продуценты *Staphylococcus aureus*	Бактерии	Синдром токсического шока (применение тампонов)
1982	Escherichia coli O157:H7	Бактерии	Геморрагический колит; Гемолитический уремический синдром
1982	HTLV-II	Вирус	Волосато-клеточная лейкемия
1982	*Borrelia burgdorferi*	Бактерии	Болезнь Лайма
1983	Вирус иммунодефицита человека (HIV)	Вирус	Синдром приобретенного иммунодефицита (AIDS)
1983	*Helicobacter pylori*	Бактерии	Язвенная болезнь желудка
1985	*Enterocytozoon bieneusi*	Паразит	Устойчивая диарея
1986	*Cyclospora cayetanensis*	Паразит	Устойчивая диарея
1988	Герпес-вирус-6 человека (HHV-6)	Вирус	Розеолезная эритема
1988	Гепатит E	Вирус	Парентеральный гепатит
1989	*Ehrlichia chafeensis*	Бактерии	Человеческий эрлихиоз
1989	Гепатит C	Вирус	Парентеральный гепатит
1991	Гуанорито	Вирус	Венесуэльская геморрагическая лихорадка
1991	*Encephalitozoon hellem*	Паразит	Конъюнктивит, рассеянная болезнь
1991	Новые варианты *Babesia*	Паразит	Нетипичный бабезиоз
1992	*Vibrio cholerae* O139	Бактерии	Новый штамм, связанный с эпидемической холерой
1992	Bartonella henselae	Бактерии	Болезнь кошачьей царапины;

Год	Микроорганизм	Тип	Заболевания (синдромы)
			бациллярный ангиоматоз
1993	Син Номбре вирус	Вирус	Хантанвирусный легочной синдром
1993	*Encephalitozoon cuniculi*	Паразит	Рассеянная болезнь
1994	Вирус Сабиа	Вирус	Бразильская геморрагическая лихорадка
1994	Хендра	Вирус	Летальные энцефалиты и пневмонии
1995	HHV-8	Вирус	Саркома Капоши у больных СПИДом
1995	Stealth вирус	Вирус	Вакуолизирующая энцефалопатия детей
1995	BSE агент	Прион	Новые варианты болезни Крейцфельда-Якоба
1996	Австралийский лиссавирус летучих мышей	Вирус	Заболевание, подобное бешенству
1997	TT вирус	Вирус	Посттранфузионный гепатит
1999	Майара вирус	Вирус	Денге-подобная лихорадка
1999	*Huna*	Вирус	Энцефалит

Подобный пример зарегистрирован и с лихорадкой Рифт Валли, которая в 2000 году впервые пересекла Красное море из Восточной Африки на Аравийский полуостров. На 19 октября 2000 года в четырех провинциях государства Йемен было зарегистрировано 653 подтвержденных случая заболевания, включая 80 летальных исходов. В провинции Дамар это заболевание отмечалось у животных. Хотя заболевание ограничивалось северо-западными районами страны, появляются данные о трансмиссии этого заболевания на юго-запад. ВОЗ считает необходимым выделение 975 тыс. долларов для осуществления контроля и предотвращения распространения этого заболевания в Йемене [31].

За последние два года неожиданные вспышки относительно новых или ранее редких заболеваний заставали врасплох жителей каждого из континентов планеты. Болезнь легионеров и лептоспироз в Австралии, новый вариант синдрома Крейцфелд-Якоба в Европе, лихорадка Ласса, желтая лихорадка, хантавирус, криптококк и E/coli 0157 в США и некоторые другие примеры. Перед лицом такого мобильного, микроскопического и легко маскирующегося врага национальные границы становятся легко проницаемыми. Вспышка заболевания в любом месте земного шара может рассматриваться как угроза для любого другого региона.

Вспышка геморрагической лихорадки Эбола в Заире в 1995 году стала драматическим напоминанием о необходимости постоянной бдительности перед лицом возникающих инфекций. Хотя вспышка ограничилась сравнительно небольшим числом заболевших – 316 человек, свыше трех четвертей из них умерли. Около третьей части погибших были работниками больниц, они заразились через контакты с кровью или жидкостью больных. Двумя годами позже возникла небольшая вспышка в Габоне, из 58 случаев заболевания 43 были летальными [31]. Недавно это заболевание вновь

напомнило о себе: 11 декабря 2001 в ВОЗ было доложено о 12 подтвержденных случаях лихорадки Эбола в одной из провинций Габона с 10 летальными исходами. Всего в Габоне зарегистрировано было 57 подтвержденных случаев заболевания с 48 летальными исходами и в Конго – 20 случаев с 12 летальными исходами [31]. Как известно, геморрагическая лихорадка Эбола – одно из самых вирулентных инфекционных заболеваний, известных медицинской науке в настоящее время, и пока не существует каких-либо способов лечения этого заболевания или вакцин, способных обеспечить защиту. Смертность от лихорадки Эбола составляет 50–90%.

Настораживающим фактором стало появление в Африканском регионе вспышек оспы обезьян. Только в октябре 2001 года в Конго было зарегистрировано 85 случаев, из которых 7 были летальными [31].

В последние десятилетия драматически возросло повсеместное распространение лихорадки Денге, которая возникла в Юго-Восточной Азии в 50-ые годы. Это заболевание является теперь эндемичным более чем в 100 странах Америки, Африки, Восточного Средиземноморья, Юго-Восточной Азии и Западных областей Тихого океана. Число случаев этого заболевания к настоящему времени возросло в четыре раза с беспрецедентным количеством смертельной геморрагической формы [31]. В августе 2000 года президент Венесуэлы объявил о национальном бедствии в стране, где произошло более чем двукратное увеличение случаев заболевания лихорадкой Денге по сравнению с предыдущим годом. Эта эпидемия унесла жизни более 600 человек.

На территории Юго-Восточной Азии и западных областей Тихого океана за последние шесть лет вновь отмечено появление повторных и ряда новых зоонозных и арбовирусных заболеваний. Среди них вирусы японского энцефалита, леса Barmah, Росс Ривер и Чикунгунья. Большая часть появившихся вирусов были зоонозными, в передачу которых были вовлечены плодоядные летучие мыши и отдельные виды летающих лис как вероятных их природных хозяев. Первым из этих вновь появившихся агентов заболеваний был вирус Hendra, формально называемый лошадиным морбилливирусом. За этим последовали вспышки, вызываемые вирусом, ассоциированным с бешенством (Australian bat lyssavirus), и вирусом, ассоциированным с мертворождениями и уродствами у свиней (Menangle virus). Вирус Nipah стал причиной вспышек фатальной пневмонии у свиней и энцефалита у людей на островах Малайского архипелага. И совсем недавно от летающих лис был выделен вирус Tioman, однако, пока не установлено его связи с какими-нибудь заболеваниями у животных и людей. Из незоонозных вирусов наиболее значимыми для этих районов оказались энтеровирус 71 и HIV [31].

По мнению специалистов, регион Юго-Восточной части Земного шара является потенциально опасным в плане возникновения новых вариантов вируса гриппа, способных вызвать крупные эпидемии с высокой смертностью, подобных эпидемии "испанского гриппа" 1918–1919 гг. Такое

опасение появилось в 1997–98 годах, когда у людей было отмечено внезапное появление штаммов вируса гриппа, ранее регистрируемые, соответственно, только среди птиц и свиней. В мае 2001 года в этом регионе вновь была зарегистрирована вспышка гриппа у птиц, продаваемых на рынках Гонконга, которая, как оказалось, была вызвана вирусом гриппа А, подтипа H5N1. Однако эти вновь выделенные от птиц штаммы генетически отличались от вируса H5N1, который в 1997 году вызвал в этом регионе вспышку заболевания у людей. В феврале 2002 года вспышки гриппа у птиц повторились на некоторых фермах Гонконга. Обе вспышки гриппозной инфекции у птиц сопровождались большим количеством летальных исходов, но случаи заболевания среди людей пока не были зарегистрированы [31].

На сегодняшний день во всем мире присутствует эпидемия разновидности гриппа, вызванного коронавирусной инфекцией (COVID-19). Количество заболевших на сегодняшний день превышает 257 млн. человек, при этом с летальным исходом – более 5 млн. человек. Прогноз по завершению пандемии пока неутешителен.

Из всех инфекционных заболеваний, впервые выявленных в XX веке, самое глубокое влияние на заболевание и смертность среди людей оказал синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). За последние 50–100 лет вирус иммунодефицита человека (ВИЧ), ранее распространенный, главным образом, среди грязных мангобеев (ВИЧ-2) и шимпанзе (ВИЧ-1), если не исключительно среди них, стал этиологическим агентом мировой пандемии. Сейчас ВИЧ/СПИД распространился в масштабах, угрожающих безопасности во всем мире. В Африке распространяющаяся эпидемия СПИДа стала причиной высокой заболеваемости и смертности населения и значительно снизила прогнозируемую среднюю продолжительность жизни. Насколько известно, СПИД, вызываемый ВИЧ, всегда приводит к смертельному исходу, даже при эффективной терапии. Число умерших от СПИДа во всем мире уже достигло к настоящему времени 16 млн человек [31].

По данным ВОЗ, с момента начала эпидемии СПИДа вирусом ВИЧ было инфицировано более чем 60 млн человек. По количеству летальных случаев это заболевание занимает сейчас четвертое место в мире. К концу 2001 года во всем мире уже 40 млн человек являются вирусоносителями. Во многих развивающихся странах большая часть вновь инфицированных – это молодые люди, и особенно уязвимы девушки. Около 1/3 людей, живущих со СПИД, имеют возраст от 15 до 24 лет, и большинство из них не знают, что они носители вируса. Многие миллионы человек либо ничего не знают о ВИЧ, либо так мало знают, что не способны защитить себя от заболевания [38].

Высказываемые различными специалистами предположения относительно перспектив с ВИЧ-инфекцией на планете пока далеки от оптимизма. Прогноз, полученный на основании статистических данных ВОЗ о современной динамике распространения ВИЧ-инфекции и их

математической обработки, показывает, что в случае, если эффективный способ борьбы с ВИЧ-инфекцией не будет найден в ближайшее время, пандемия последовательно охватит все страны мира и в 2030–2075 годах достигнет максимума. Прирост населения всех стран замедлится, а затем станет быстро снижаться. На рисунке 12 показан прогноз динамики численности мирового населения и пандемии СПИДа [39]. Предполагается, что математическое ожидание ошибки прогноза не должно быть больше 15-18%.

Заболевания ВИЧ-инфекцией, вместе с туберкулезом и малярией, дают более половины случаев смертности от всех инфекционных заболеваний в мире [31].

Ежегодно в мире регистрируется свыше 300 млн случаев заболевания малярией, поражающей в основном бедные слои населения. Заболевание распространено, главным образом, в Латинской Америке, Африке и некоторых странах Юго-Восточной Азии. Около 1 млн человек умирает ежегодно, большую часть из этого составляют дети в Африке. Проблема продолжает осложняться из-за появления лекарственно-устойчивых популяций паразитов, а также изменений условий окружающей среды и перемещения людей [31].

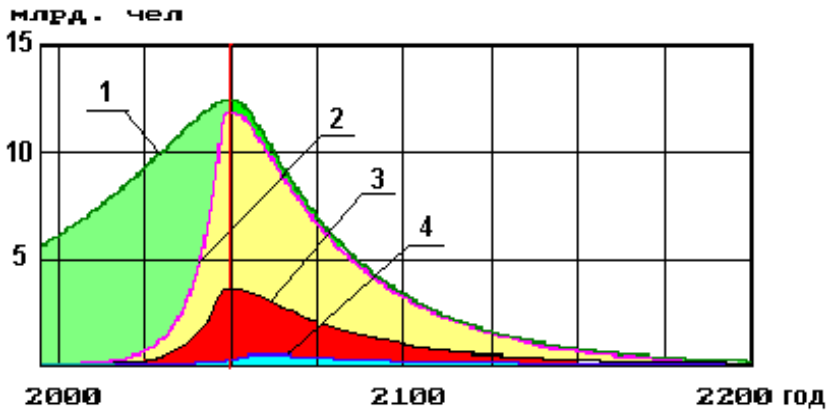


Рисунок 5 – Прогноз динамики численности мирового населения и пандемии СПИДа на период 2000–2200 г.: 1 – численность населения, 2 –численность ВИЧ-инфицированных, 3 – количество больных СПИДом, 4 – количество людей, ежегодно погибающих от ВИЧ

Ведущей причиной смертности по всему миру остается туберкулез, что обусловлено способностью его возбудителя, Mycobacterium tuberculosis, адаптироваться к широкому ряду условий как внутри человека-хозяина, так и за его пределами. Остановить чрезмерное распространение туберкулеза в мире – одна из основных задач текущего времени. Установлено, что ежегодные экономические потери от туберкулеза составляют 12 биллионов долларов, каждый год в среднем 3-4 месяца рабочего времени потеряны по причине туберкулеза. Ежегодно у 8 млн людей развивается активная форма

туберкулеза, и каждые пятнадцать секунд в мире кто-то умирает от него [31]. Туберкулез распространен повсеместно, наибольшая скорость распространения этого заболевания отмечена в Евро-Азиатском регионе и ряде стран Африки, где наблюдается социально-экономическая напряженность.

Не менее остро стоит проблема с заболеванием вирусным гепатитом С, который также распространен в той или иной степени практически повсеместно. Вирус гепатита С (HCV) был открыт в 1989 году, но проник в человеческую популяцию, как предполагается, около 300 лет назад и в настоящее время представляет серьезную угрозу здоровью людей. По данным ВОЗ повсеместно около 170 млн людей во всем мире инфицированы гепатитом С, и каждый год к ним добавляется от 3 до 4 млн вновь инфицированных [40]. Только в США ежегодно от гепатита С умирает 10 тыс. человек.

По другим данным количество инфицированных вирусом гепатита С в мире в три раза превышает количество инфицированных ВИЧ. Ожидается, что в начале XXI столетия число людей, умерших от гепатита С, будет больше, чем число умерших от ВИЧ-инфекции. Высокая скорость мутации этого РНК-вируса и его быстрая эволюция являются причиной чрезвычайной неоднородности гепатита С в человеческой популяции. Природные свойства этого вируса усиливаются существующими для этого заболевания факторами риска, среди которых внутривенное введение лекарств и наркотиков, переливание крови и ее препаратов, гемодиализ, татуировка, сексуальное поведение с высоким риском заражения, пересадка органов от ВГС-положительных доноров и несоблюдение санитарно-гигиенических норм в медицинских учреждениях [41, 42].

Каждое из проанализированных выше заболеваний потенциально опасно в плане использования в биотеррористических целях. В развитых странах они представляют опасность в силу отсутствия естественного иммунитета как в популяциях животных, так и в человеческой популяции, что позволит им беспрепятственно распространиться на новой для них территории. Для развивающихся стран это усугубляется ещё и тем, что население этих стран имеет значительно более сниженный иммунный статус по сравнению с развитыми странами, что дополняется неблагоприятными экологическими и социальными факторами.

15.2 Факторы, оказывающие влияние на изменения свойств известных возбудителей инфекционных заболеваний и появление новых

Мир возбудителей инфекционных заболеваний сложен, динамичен и постоянно эволюционирует. Микроорганизмы быстро размножаются, часто подвергаются мутациям и относительно легко адаптируются к новым условиям. Так, например, вирусы, использующие РНК в качестве генетического материала, способны быстро адаптироваться к разнообразным условиям благодаря высокой скорости ошибок вирусных ферментов

(полимераз), которые реплицируют их геномы. Именно РНК-вирусы явились причиной нескольких крупных вновь возникших и возвратившихся инфекционных заболеваний [31].

Эпоха стремительных глобальных и местных экологических изменений, в которую мы живем, внесла очень существенные коррективы в мир микроорганизмов, ускоряя процесс их природных генетических изменений и нарушая естественный баланс между человеком и микроорганизмами, особенно в эру антибиотиков. В круг патогенных микроорганизмов стали вовлекаться новые представители мира микробов, в первую очередь условно патогенные, а также микроорганизмы, устойчивые к лекарствам и вакцинам.

Во второй половине XX века надежды на искоренение многих инфекционных заболеваний были поставлены под угрозу. Недавно возникшие и знакомые патогены изменили свой эпидемический статус под влиянием ряда факторов, к которым можно отнести следующие:

– резкое увеличение различий в развитии, вследствие чего многие страны оказались неспособными предоставлять своему населению адекватные услуги, такие как чистая вода, достаточное питание, удаление сточных вод и здравоохранение;

– разрушение государственной и общественной системы здравоохранения во многих странах в результате гражданской напряженности и войн;

– бедность, урбанизация и массовые переселения людей привели к сосредоточению человеческих популяций в условиях, благоприятных для возникновения крупных вспышек заболеваний (например, военные лагеря и городские трущобы);

– освоение новых пространств поставило людей под угрозу новых инфекционных агентов;

– проникновение болезней, распространенных в популяциях животных, в человеческие популяции;

– изменения в окружающей среде могут изменить эндемичность и способы трансмиссии патогенов;

– неэффективные программы контроля за векторами привели к распространению векторов, включая устойчивые векторные популяции.

– развитие антимикробной устойчивости сейчас угрожает превращению ранее излечимых заболеваний в неизлечимые;

– с ростом международного туризма и торговли значительно возрос потенциал для более быстрого распространения заболевания.

Ситуация усугубляется неадекватными социальными, политическими и экономическими реакциями на эпидемии при принятии неправильных мер для контроля за распространением заболеваний.

Меры, необходимые для преодоления или сглаживания факторов, способствующих усилению эпидемической напряженности. Инфекционные заболевания являются основным препятствием для

социального и экономического развития стран. По мнению ВОЗ для устранения этих препятствий необходимо создание устойчивых национальных и международных систем эпиднадзора, которые предполагают наличие подготовленного персонала, соответствующей инфраструктуры, надежных поставок необходимых материалов хорошего качества и взаимосвязи с международными сетями.

Для борьбы с инфекционными болезнями в глобальном масштабе уже имеются огромные ресурсы. По всему миру созданы сотни сотрудничающих центров ВОЗ, специализированных на отдельных инфекциях. В ряде стран действует сеть лабораторий панамериканской организации здравоохранения (PAHO), сеть исследовательских центров Национального института здравоохранения (NIH), в которые вовлечены многие университеты США. Кроме того, существуют Международная сеть клинической эпидемиологии (INCLEN), сеть институтов Пастера и филиалы Центра по контролю за инфекционными болезнями (CDC). Многие из них осуществляют подготовку полевых эпидемиологов в разных регионах. Армия и ВМФ США также развернули специализированные исследовательские центры в ряде стран. Следует отметить, что этот ресурс весьма специализирован на конкретных задачах и, за исключением центров Службы эпидемиологической разведки (EIS), не ориентирован на обнаружение и идентификацию всего спектра патогенов.

Для успешного осуществления контроля заболеваний и борьбы с ними ВОЗ предлагает сотрудничество с большим количеством партнеров, в том числе правительственными и негосударственными организациями, частным сектором и промышленными предприятиями. Система основана на трехстороннем подходе, включающем в себя контроль известных рисков, контроль неожиданных событий и улучшение глобальной и национальной готовности противостоять эпидемиям.

Ограничение известных рисков. Такие эпидемии, как холера, денге, грипп, корь, менингит, шигеллез и желтая лихорадка, а также заболевания, передаваемые через пищу, представляют собой постоянную угрозу для человеческих популяций. Они хорошо адаптируется к передаче в человеческих популяциях либо непосредственно от человека человеку через передачу насекомыми и другими векторами, либо через контаминацию окружающей среды или пищи. Эти заболевания обычно хорошо известны, и в большинстве случаев доступны эффективные меры для их контроля.

Реакция на неожиданные заболевания. Неожиданные или необычные события вызываются, прежде всего, неизвестными инфекционными агентами, агентами, которые пересекли межвидовой барьер между животными и человеком, агентами, появившимися в новой географической зоне, и агентами, которые могут быть получены преднамеренно генно-инженерным путем и занесены путем биотеррористических актов. Новые патогены не всегда понятны в смысле их источника и механизма трансмиссии, но потенциально способны вызывать большие вспышки либо

приводить к большим количествам смертей. Так уже было с хантавирусной инфекцией, лихорадкой Эбола и заболеванием, вызываемым вирусом Nipah, и сейчас с это происходит с коронавирусной инфекцией COVID-19. ВОЗ недавно разработала инновационный механизм, который позволит быстро реагировать на возникновение ранее неизвестных заболеваний с привлечением электронных средств связи, созданием Web-сайта, куда будет поступать вся информация. Принцип работы системы был разработан Комитетом здравоохранения Канады.

Улучшение состояния готовности. ВОЗ проводит целый ряд мероприятий, направленных на оказание помощи странам в усовершенствовании лабораторий и повышении готовности к эпидемиям, а также использовании таких новых инструментов, как программа Health Map (интерактивнная информация и система составления карт), дистанционный прием данных из НАСА и т.д. В сотрудничестве с CDC ВОЗ разработала Программы обучения по эпидемиологии и сети связей в области Здравоохранения (TEPHINET), которые будут способствовать обеспечению готовности к чрезвычайным ситуациям и будет стремиться повышать эффективность национальных программ обучения благодаря использованию общих ресурсов и экспертизы. В феврале 2000 года ВОЗ открыла в Лионе, Франция, двухгодичные курсы-тренинги по подготовке кадров для стран, подвергающихся наибольшим эпидемиологическим рискам [31].

В реальной практике в случае возникновения необычных вспышек, представляющих угрозу международному здравоохранению, торговле и туризму, ВОЗ создаются специализированные команды на период локализации и ликвидации вспышки.

Международная стратегия борьбы с инфекционными заболеваниями не будет успешной, если в каждой стране не будут разработаны национальные планы действия для борьбы с инфекционными заболеваниями. Первыми с возбудителями инфекционных заболеваний сталкиваются врачи, и именно состояние здравоохранения определяет готовность страны, региона и города к своевременному обнаружению и ликвидации последствий любой инфекционной вспышки. Поэтому прежде всего в стране необходимо создать условия для:

– укрепления национальной системы здравоохранения с достаточным финансированием;

– развития и финансирования системы медико-санитарной помощи, которая включает в себя программы по профилактике и диагностике инфекционных заболеваний;

– осуществления контроля факторов риска, влияющих на распространение инфекционных заболеваний, который включает в себя как экологические, так и демографические факторы;

– разработки и распространения новых технологий для эффективной борьбы с инфекционными заболеваниями;

– информирования общественности и санитарного просвещения населения о рисках, связанных с инфекционными заболеваниями, и экологических методах борьбы с ними;

– установления и поддержания межнациональных связей по контролю факторов риска инфекционных заболеваний [43].

Возрождение инфекционных заболеваний, появление и распространение лекарственно-устойчивых популяций микроорганизмов создали угрозу, которая наверняка будет расти. Эпидемии снова проходят по континентам. Инструменты, необходимые для борьбы с вновь возникающими заболеваниями, во многих случаях отсутствуют. Борьба с возвращающимися заболеваниями и заболеваниями, способными вызывать эпидемии, становится менее эффективной из-за развития устойчивости к недорогим распространенным лекарствам.

Тем не менее, мир сегодня лучше готов к тому, чтобы защитить себя с помощью превентивных мер, чем в прошлом, когда изоляция и карантин были единственными мерами борьбы. Благодаря созданию чувствительной глобальной сети ключевые стратегии защиты, использующие мощные электронные средства связи, включают в себя, с одной стороны, готовность к оперативному выявлению и подтверждению вспышек заболеваний и, с другой стороны, быстрые действия на национальном и международном уровне. Укрепление инфраструктуры в странах, где могут возникать эпидемии, жизненно необходимо для успешной и эффективной реализации обеих стратегий на практике. В современном мире, в котором тесно взаимосвязаны вопросы здоровья, экономики и торговли, защита от инфекционных заболеваний не может быть ограниченной рамками какой-то одной страны. Защита от угрозы, вызванной инфекционными заболеваниями, требует совместных, разносторонних и глобальных действий.

Список литературы

1. Мархоцкий Я. Л. Основы радиационной безопасности населения: Учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. — Минск: Выш. шк., 2011. — 224 с.

2. Хлопцев А.Ф., Щигельский О.А. Радиационная безопасность: Учебное пособие. – Витебск: Изд-во УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2003. – 119 с.

3. Козлов В. Ф. Справочник по радиационной безопасности. 3-е изд., перераб. и доп. Панамериканской. – М.: Энергоатомиздат, 1987.

4. Основы защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях / под ред. В. В. Тарасова. – Москва: Изд-во МГУ, 1998. – 192 с.

5. Шаптала В. Г. Основы моделирования чрезвычайных ситуаций: Учеб. пособие / В. Г. Шаптала и др. – Белгород: БГТУ, 2010. – 166 с.

6. Овсяник, А. Оценка угроз в атомной отрасли / А. Овсяник, Э. Брунин // Гражданская защита. – 2015. – № 11.

7. Ластовкин В. Ф. Основы радиационной безопасности: Учеб. пособие. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2017. – 143 с.

8. Радиация. Дозы, эффекты, риск / Пер. с англ. М.: Мир, 1988.

9. Республика Казахстан: Отчет по человеческому развитию. 1995. Алматы: 1995.

10. Экологическое состояние окружающей природной среды Республики Казахстан в 1995 году и меры по ее улучшению: Гос. докл. Алматы: М-во экологии и биоресурсов РК, 1996.

11. Ефремов С. В. Радиационная и химическая защита: учеб. пособие / С. В. Ефремов. – Санкт-Петербург: СПб ГПУ, 2005. – 218 с.

12. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Москва: Роспотребнадзор, 2009. – 100 с.

13. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). – Москва: Минстрой: Роспотребнадзор, 2010. – 83 с.

14. Основы химической и биологической безопасности: Учебное пособие / Н.Н. Рахимова. – Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2017. – 259 с.

15. Каспаров А.А. Гигиена труда: Учеб. – М.: Медицина, 1988.

16. Алтунин А. Т. Формирования гражданской обороны в борьбе со стихийными бедствиями. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1978.

17. Средства индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог-справочник / Под общей ред. В. Н. Ардасенова. – М.: Проф. издат., 1988.

18. Защита от оружия массового поражения / Под ред. В.В. Мясникова. – М.: Воениздат, 1989. – 398 с.

19. Прибор химической разведки войсковой (ВПХР): Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ГО 57.00.000 ТО, 1989.

20. Биненко В.И. Терроризм и проблемы безопасности: Учебное пособие / В.И. Биненко. – СПб.: СПГТУ, 2002. – 25 с.

21. Баулин С.И. Химическая безопасность: Учеб. пособие / С.И. Баулин, С.М. Рогачева, А.М. Козлитин. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2014. – 203 с.

22. Доклад о развитии человека за 1994 год. – Нью-Йорк; Оксфорд, 1994.

23. Популярная медицинская энциклопедия. Аборт – Ящур. 3-е изд. / Под ред. В. И. Покровского. – М.: Сов. энцикл., 1991.

24. Статистический ежегодник Казахстана, 1999 г.: Стат. сб. / Под ред. Ж. А. Кулекеева. – Алматы, 1999.

25. Республика Казахстан: Отчет по человеческому развитию. 1998. Алматы: ТОО “Герона”, 1998.

26. Лепешинский И.Ю. Радиационная, химическая и биологическая защита: Учебное пособие/И. Ю. Лепешинский, В. А. Кутепов, В. П. Погодаев. – Омск: Изд-во ОмГГУ, 2008. – 207 с.

27. Дыхан Л.Б. Основы биологической безопасности: Учебное пособие/Л.Б. Дыхан. – Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2018. – 98 с.

28. Боровик Р.В. Основы биологической безопасности: принципы и практика: Учебно-методическое пособие / Р. В. Боровик, Г. А. Дмитриев, Л. В. Коломбет, Д. Д. Победимская, Ю. В. Ремнев, Б. А. Тюрин, Н. А. Федоров. – Москва: Медицина для вас, 2008. – 303 с.

29. Иванков В.В. Химическая и биологическая безопасность как часть национальной безопасности России: Учебное пособие / В.В. Иванков. – М.: Прогресс, 2012. – с. 162.

30. Даниленко Н.Н О проблеме терроризма в Российской Федерации http://www.waaf.ru/1o.html

31. Лобанова Т. П., Иванькина Т. Ю., Кисурина М. И. Биобезопасность: Учебное пособие / Т.П. Лобанова, Т.Ю. Иванькина, М.И. Кисурина. – 2002. https://www.nehudlit.ru/books/detail5951.html

32. Sanders R. US Bioterrorism: White Power, White Powder & White House. 2001. Web site COAT. http://www.ncf.ca/coat/

33. O'Toole T., Mair M., Inglesby T.V. Shining Light on "Dark Winter". Clinical Infectious Diseases. 2002. V.34, N7.
http://www.journals.uchicago.edu/CID/journal/issues/v34n7/020165/020165.web.pdf

34. Seper J. FBI subpoenas anthrax research samples THE WASHINGTON TIMES, 2002 http://www.washtimes.com

35. Супотницкий М.В. Микроорганизмы, токсины и эпидемии. – М.: Вузовская книга, 2000. – 376 с.

36. EBOLA HAEMORRHAGIC FEVER. WHO. 2000. FactSheet N°103. http://www.who.int/inf-fs/en/fact103.html

37. Lederberg J. Infectious disease as an evolutionary paradigm // Emerg. Infect. Dis. - 1997 - v.3, № 4 - p.417-423.

38. AIDS epidemic update - December 2001. WHO. http://www.unaids.org/epidemic_update/report_dec01/index.html#full

39. Никитин В.С. 2001. Русский прогноз. Как победить СПИД? http://inroniks.narod.ru/01.htm

40. Hepatitis C Fact Sheet 2000. http://www.who.int/inf-fs/en/fact164.html

41. Koop C. E. Hepatitis C. An Epidemic for anyone. 2000 http://www.epidemic.org/index2.html).

42. Rybus O.G., Michael A. Charleston M.A., Gupta S. et al. The Epidemic Behavior of the Hepatitis C Virus //Science 2001 Jun 22;292(5525):2323-5

43. Программа «Институциональное усиление для устойчивого развития» Респ. Казахстан. 2001. (Документ подготовлен совместно с ВОЗ). http://www.neapsd.kz/agenda/PART1/CH6B.HTM

.

Приходько Николай Георгиевич

БИОЛОГИЧЕСКАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ И РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Учебное пособие

Редактор Е.Б. Жанабаева

Подписано в печать ___.___.2022
Тираж 100 экз. Формат 60×84 1/16

Бумага типографская №2
Уч.-изд. л. 10. Заказ №_____
Цена 5000 тг.

Некоммерческое АО «АУЭС имени Гумарбека Даукеева»
г. Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1