

ЧЕКМАН И.С., СЫРОВАЯ А.О., АНДРЕЕВА С.В., МАКАРОВ В.А.

АЭРОЗОЛИ – ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Монография

Киев – Харьков

2013

УДК 544.772:61
ББК 24.6+5
А 99

Утверждено учёным советом ХНМУ

Протокол № 4 от 30.05.2013 г.

Рецензенты:

Давтян Л.Л. – доктор фармацевтических наук, профессор, зав.кафедрой фармацевтической технологии и биофармации Национальной медицинской академии последипломного образования им. П.Л. Шупика

Таран С.Г. – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры медицинской химии Национального фармацевтического университета

А 99 Аэрозоли – дисперсные системы: Монография / Чекман И.С., Сыровая А.О., Андреева С.В., Макаров В.А. / - Х: «Цифрова друкарня №1», – 2013. – 100 с.

ISBN 978-617-7017-56-0

В монографии обобщены данные литературы и исследований авторов, касающиеся дисперсных систем – аэрозолей. Авторы акцентируют внимание на различных классификациях аэрозолей. Одним из важнейших разделов является раздел, посвященный физико-химическим характеристикам аэрозолей. Специальный раздел посвящен аэрозольтерапии, обращено внимание на виды аэрозольтерапии, показания и противопоказания. В монографии описаны сведения об аэрозолях, которые будут интересны широкому кругу читателей – химикам, медикам, провизорам.

ISBN 978-617-7017-56-0

ББК 24.6+5

© Авторы, 2013

Оглавление

Глава 1. Аэрозоли. Классификация аэрозолей.....	4
1.1. По методам получения.....	6
1.2. По дисперсности.....	9
1.3. По агрегатному состоянию дисперсной фазы.....	12
1.4. По морфологическим признакам частиц.....	13
1.5. По концентрации частиц.....	14
1.6. По содержанию дисперсной фазы и характеру воздействия на человека....	15
Глава 2. Физико-химические характеристики аэрозолей.....	53
2.1. Молекулярно-кинетические, электрические и оптические свойства аэрозолей.....	53
2.2. Методы исследования аэрозолей.....	60
Глава 3. Аэрозольтерапия.....	62
3.1. Естественная аэрозольтерапия.....	64
3.2. Искусственная аэрозольтерапия.....	65
3.3. Физиологическое и лечебное действие аэрозолей.....	68
3.3.1. Показания и противопоказания к аэрозольтерапии.....	71
3.3.2. Электроаэрозоли.....	72
3.4. Аппаратура. Виды ингаляций.....	74
3.5. Правила приема ингаляций.....	80
3.6. Небулайзерная терапия.....	81
3.7. Галотерапия.....	86
3.8. Аэрофитотерапия.....	88
3.9. Аэроионотерапия.....	90
3.10. Местная аэрозольтерапия.....	92
Список литературы.....	96
Список условных сокращений.....	99

ГЛАВА 1

АЭРОЗОЛИ. КЛАССИФИКАЦИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

Человечество в своей обычной жизни сталкивается с большим разнообразием аэрозольных систем – облака, туманы, вулканическая и грунтовая пыль и т.д. Наличие аэрозольных частиц обуславливает многие свойства газовых сред, в том числе важнейшие для существования человечества свойства атмосферного воздуха, как среды обитания. Даже маленькая концентрация частиц может радикально изменить свойства газа. К примеру, именно существование ядер конденсации, которых в воздухе не больше чем атомов самого редкого из инертных газов – ксенона, определяет возможность образования облаков, что очень важно для жизни на Земле. Прозрачность атмосферы, которая ограничивает доступ солнечной радиации к земной поверхности и тем самым определяет климат планеты, зависит от содержания аэрозольных частиц в воздухе. Влияние извержений вулканов на температуру очень четко проявляется в стратосфере нижних широт, что обусловлено прямым влиянием поглощения солнечной радиации аэрозолем [1].

Аэрозоли также широко распространены в различных сферах производства (порошковая металлургия, угольная промышленность, технология лакокрасочного производства и т.д.), а также бытовые аэрозоли, образующиеся при распылении различных пестицидов, освежителей воздуха, парфюмерных жидкостей и т.д. Аэрозоли образуются при разных способах получения, переработки и применения различных материалов в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, на транспорте и т.д. Образование дисперсной фазы твердых веществ в аэрозолях имеет место при взрывах, горении, ударах, размоле, трении, дроблении, сверлении, шлифовке и многих других процессах, диспергирование жидкостей происходит при разбрызгивании, пульверизации и т.д.

Многие природные объекты и технологические процессы связаны с присутствием или применением аэрозолей:

- межзвездные и допланетные облака;
- вулканические выбросы;
- атмосферные процессы формирования и выпадения осадков;
- двухфазные течения, используемые в технологических процессах и установках;
- дисперсные системы в пищевой, автомобильной промышленности, медицине, сельском хозяйстве и т.д.

Аэрозоли чрезвычайно важны для организации безопасной жизнедеятельности людей и охраны окружающей среды. Среди таких «аэрозольных» проблем, непосредственно влияющих на экологию, можно выделить загрязнение атмосферы, влияние аэрозолей на радиационные, электрические и энергетические процессы в атмосфере, очистку и прогнозирование распространения дыма промышленных предприятий и тепловых электростанций, предотвращение взрывов угольной пыли в шахтах или образование облака токсичных жидко-капельных аэрозолей в районах разделения ступеней ракет-носителей и т.д. Кроме того, аэрозольные системы широко применяются для предотвращения чрезвычайных ситуаций (эффективные порошковые составы для тушения пожаров, аэрозолеобразующие составы для воздействия на облака и туманы с целью предотвращения града и т.д.) [1 – 6].

Аэрозоли (от греческого «aer» воздух и латинского «sol[ution]» (золь) раствор) – это дисперсная система, состоящая из газовой дисперсионной среды, в которой распределена дисперсионная фаза – твердые или жидкие частицы. Частицы дисперсной фазы аэрозолей имеют размеры: $10^{-9} - 10^{-5}$ м).

КЛАССИФИКАЦИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

Обычно аэрозоли классифицируют по способам их образования, по концентрации, размеру частиц, по агрегатному состоянию дисперсной фазы, по морфологическим признакам частиц, а также по содержанию дисперсной фазы и характеру воздействия на человека [4, 7 – 13].

1.1. Классификация аэрозолей по методам получения.

По характеру образования различают диспергационные, конденсационные и смешанные аэрозоли.

Диспергационные аэрозоли (аэрозоли измельчения) – это аэрозоли, образующиеся вследствие измельчения твердых и жидких веществ. Диспергационные аэрозоли образуются:

1) при разбрызгивании жидкостей (водяные туманы в водопадах, при морском прибое, в фонтанах и пр.); аэрозоли из слизи, образующиеся при кашле и чихании; аэрозоли из инсектицидов, получаемые с помощью аэрозольных баллончиков. Аэрозоли с жидкой дисперсной фазой (иногда их называют спреями) возникают при распаде струй или пленок жидкости, например, при распылении жидкого топлива в двигателях внутреннего сгорания. В производственных процессах случаи образования жидких аэрозолей - распыление жидкости под воздействием расположенного в ней источника акустических колебаний, разрушение струй при воздействии поля электрического потенциала.

2) при измельчении твердых тел и взмучивания порошков (пыль, поднимая с земли ветром, пыль при подметании и пересыпании тонких порошков (муки, мела и др.), при разрушении каменных стен, отбивании угля, шлифовании твердых материалов и т.д.

В бытовых условиях почти единственным средством получения жидких и порошкообразных аэрозолей является устройство, называемое «аэрозольной упаковкой» или «аэрозольным баллоном». Вещество в нем упаковывается под

давлением и распыляется при помощи сжиженных или сжатых газов.

Аэрозоли конденсации (охлаждения) – это аэрозоли, которые образуются вследствие охлаждения и образования пересыщенного пара, частицы которого хорошо конденсируются на «ядрах конденсации» (мельчайших твердых или жидких частицах, газовых ионах), а также в результате химических реакций между двумя или несколькими веществами (если образуется новое вещество с меньшей упругостью пара).

Эти методы связаны с образованием в гомогенной системе новой фазы. Обязательным условием ее образования является наличие пересыщенного пара, конденсация которого и приводит к образованию частиц дисперсной фазы. Объемная конденсация пересыщенного пара может происходить в трех случаях:

- 1) при адиабатическом расширении;
- 2) при смешении паров и газов, имеющих разные температуры;
- 3) при охлаждении газовой смеси.

1. Адиабатическое расширение газа.

Таким путем образуются облака. Теплые массы влажного воздуха поднимаются в более высокие слои атмосферы. Поскольку там атмосферное давление ниже, происходит адиабатическое расширение, сопровождающееся охлаждением воздуха и конденсацией водяного пара. На относительно небольшой высоте образуются кучевые облака, в которых вода находится в виде жидких капель, в верхних же слоях атмосферы, где температура более низкая, возникают перистые облака, содержащие кристаллики льда.

2. Смешение газов и паров, имеющих разные температуры.

Так образуются атмосферные туманы. Чаще всего туман появляется при ясной погоде ночью, когда поверхность Земли, интенсивно отдавая тепло, сильно охлаждается. Теплый влажный воздух соприкасается с охлаждающейся Землей или с холодным воздухом вблизи ее поверхности и в нем образуются капельки жидкости. То же происходит при смешении фронтов теплого и холодного воздуха.

3. Охлаждение газовой смеси, содержащей пар.

Этот случай можно проиллюстрировать на примере чайника, в котором закипела вода. Из носика вырывается водяной пар, который невидим, поскольку не рассеивает свет. Далее водяной пар быстро охлаждается, вода в нем конденсируется, и уже на небольшом расстоянии от носика чайника мы видим молочное облачко — туман, ставший видимым из-за способности рассеивать свет. Аналогичное явление наблюдается, когда мы открываем форточку в морозный день. Более прочный аэрозоль образуется, когда закипевшее на сковородке масло создает в помещении газ (масляный аэрозоль).

Кроме того, конденсационный аэрозоль может образовываться в результате газовых реакций, ведущих к образованию нелетучих продуктов, например:

- при сгорании топлива образуются дымовые газы, конденсация которых приводит к появлению топочного дыма;
- при сгорании фосфора на воздухе образуется белый дым (P_2O_5);
- при взаимодействии газообразных NH_3 и HCl образуется дым NH_4Cl (т);
- окисление металлов на воздухе, происходящее в различных металлургических и химических процессах, сопровождается образованием дымов, состоящих из частиц оксидов металлов;
- смог, возникающий в атмосфере в результате фотохимических реакций между газообразными примесями под действием интенсивного солнечного освещения.
- горение, химические и фотохимические реакции в газовой фазе, в частности, при получении оксидов кремния и титана термическим гидролизом их хлоридов в пламени;
- испарения тел, в т. ч. в результате воздействия плазмы и лазерного излучения, с последующей конденсацией паров.

Наиболее часто встречаются смешанные аэрозоли (рис. 1.), дисперсная фаза которых содержит частицы, образующиеся как в результате измельчения,

так и конденсации. К ним относятся выбросы металлургических предприятий, тепловых электростанций, котельных, а также аэрозоли, образующиеся при пирометаллургических процессах, сварочных работах и др.

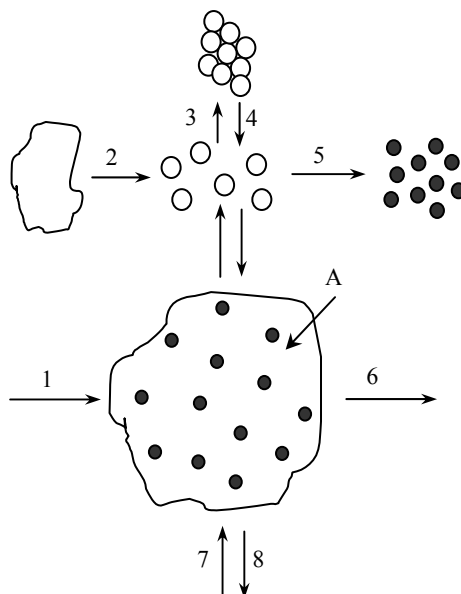


Рис. 1. «Жизнь аэрозольной системы»: А – аэрозоль; 1,6 – перемещение аэрозольных частиц; 2,5 – образование аэрозольных частиц диспергированием и конденсацией; 3,4 – агрегирование (коагуляция) и дезагрегирование частиц дисперсной фазы; 7,8 – отток и приток частиц. [4]

1.2. Классификация аэрозолей по дисперсности.

В зависимости от дисперсности аэрозоля (размера частиц) разделяют следующие виды аэрозолей – пыль, облака, дымы:

- пыль (размер частиц дисперсной фазы более 10 мкм (10^{-5} м)),
- облака, туманы (10 – 0,1 мкм (10^{-7} – 10^{-5} м)),
- дымы (0,1 – 0,001 мкм (10^{-9} – 10^{-7} м)).

Пыль состоит из твердых частиц, диспергированных в результате механического измельчения твердых тел (взрывы, горные работы и т. д.) или

высыхания капелек с растворенными веществами или частицами (солевые частицы над океаном). В пыли обычно содержатся частицы весьма разных размеров. В обиходной терминологии пылью называют осадок твердых частиц на различных поверхностях, который легко переходит во взвешенное состояние. Химический состав частиц пыли различный [4, 13].

Капельки облаков имеют размеры: 5 – 50 мкм ($5 \cdot 10^{-6}$ – $5 \cdot 10^{-5}$ м). Туманы состоят из капелек жидкости, образующихся при конденсации пара или распылении жидкости. Сюда также включаются капли с растворенными веществами или содержащимися в них частицами. Природные туманы обычно состоят из капелек с диаметром до 10 мкм и более [14 - 17].

Дымы образуются при горении или возгонке летучих веществ, а также в результате химических и фотохимических реакций. Дым образуется, в частности, при сгорании горючих веществ, например, в топках ТЭС и различных промышленных установках, при пожарах, особенно лесных. Такие дымы могут содержать также крупные частицы несгоревшего топлива, золы, оксидов металлов, сажи, смолы. Поэтому размеры дымовых частиц колеблются в широких пределах - от субмикронных (0,01 мкм (10^{-7} м)) до микроскопических (100 мкм 10^{-9} м). В частности, частицы табачного дыма имеют дисперсность 0,1 – 0,9 мкм ($1 \cdot 10^{-7}$ – $9 \cdot 10^{-7}$ м).

Частицы дымов, самой высокодисперсной системы, имея малые размеры в отличие от пыли (более грубодисперсной системы), практически не оседают под действием силы тяжести. Частицы дыма могут служить ядрами конденсации атмосферной влаги, в результате чего возникает туман (смог).

Капельки, а также частицы различных атмосферных загрязнений и пыли иногда называют дымкой, которая, на самом деле представляет собой комбинацию из трех названных выше основных классов аэрозолей. Систему, образующуюся в результате взаимодействия природного тумана с газообразными загрязнениями, называют смогом. Размеры частиц дымки и смога обычно - 1 мкм. Типичные размеры частиц некоторых аэрозолей приведены в табл. 1 [4, 18].

Таблица 1 [4,18]

Размеры частиц некоторых аэрозолей

Тип аэрозоля	Диаметр, мкм
Табачный дым	0,1 – 1,0
Туман серной кислоты	0,3 – 0,5
Топочный дым	0,1 – 10,0
Слоистые облака	1,0 – 10,0
Факел распыла аэрозольного баллончика	1,0 – 100,0
Атмосферный туман	2,0 – 50,0
Дождевые облака	10,0 – 100,0
Цветочная пыльца	15,0 – 20,0
Дождевые капли	50,0 – 100,0

Таким образом, размеры аэрозольных частиц в большинстве случаев определяется через размер радиуса или диаметра сферических частиц и колеблются в широких пределах от 1 нм (10^{-9} м) до долей мм (10^{-3} м).

Минимальный размер частиц определен возможностью существования вещества в агрегатном состоянии. Так, одна молекула воды не может образовать ни газа, ни жидкости, ни твердого тела. Для образования фазы необходимы агрегаты по крайней мере из 20-30 молекул. Самая маленькая частица твердого вещества или жидкости не может иметь размер меньше $1 \cdot 10^{-3}$ мкм. Чтобы рассматривать газ как непрерывную среду, необходимо, чтобы размеры частиц были гораздо больше, чем свободный пробег молекул газа. Верхний предел размеров частиц строго не определен, но частицы крупнее 100 мкм не способны длительное время оставаться взвешенными в воздухе.

По типу происхождения и по размерам аэрозоли можно разделить на две большие группы: макро- и микрочастицы [1, 4, 13]. Микрочастицы с радиусом меньше 0,5-1,0 мкм ($0,5-1,0 \cdot 10^{-6}$) образуются в процессах конденсации и коагуляции, тогда как макрочастицы возникают в основном при дезинтеграции поверхности Земли.

Размер частиц определяет способность аэрозолей проникать в дыхательные пути. Микрочастицы размером до 5 мкм ($5 \cdot 10^{-6}$ м) (респирабельные фракции) способны проникать в альвеолы и задерживаться в них. Частицы величиной 10 мкм (10^{-5} м) и более задерживаются в верхних дыхательных путях и бронхах, в альвеолы не заносятся [4].

1.3. Классификация аэрозолей по агрегатному состоянию дисперсной фазы.

Существует классификация аэрозолей в зависимости от размеров частиц и агрегатного состояния дисперсной фазы (табл. 2.). Наиболее распространены аэрозоли, дисперсная фаза которых состоит только из твердых частиц (Т/Г) (высоко- и среднедисперсные системы – дымы, грубодисперсные - пыль) или из капель (Ж/Г) (облака, туманы). Реже встречаются другие аэрозольные системы - жидкие пены (системы Ж, Г/Г) и твердые пены (системы Т, Г/Г), в которой газовый пузырек окружен пленкой (жидкой или твердой). К примеру, жидкие аэрозольные пены, в которых газовый пузырек обрамлен жидкой пленкой, применяют для тушения пожаров. Пепел и извергаемая вулканами лава состоят из частиц, поры которых заполнены газом, поэтому аэрозоли, сформированные из подобных частиц, можно рассматривать как твердые пены [1, 3, 4, 10, 13].

Таблица 2 [4]

Классификация аэрозолей в зависимости от агрегатного состояния дисперсной фазы

Дисперсная фаза	Обозначение	Название
Твердая	Т/Г	Дым, пыль
Жидкая	Ж/Г	Туман, капли
Твердая и жидкая	Т, Ж/Г	Смог
Пена	Ж, Г/Г	Жидкая аэрозольная пена
	Т, Г/Г	Твердая аэрозольная пена
Газовые образования	Г/Г	Клатраты, газовые гидраты

1.4. Классификация аэрозолей по морфологическим признакам частиц

Аэрозоли классифицируют также по морфологическим признакам частиц: плотность, форма, структура, химический состав [4].

Частицы аэрозолей могут иметь самую разную форму, в зависимости от которой их классифицируют на три основных класса (рис. 2).

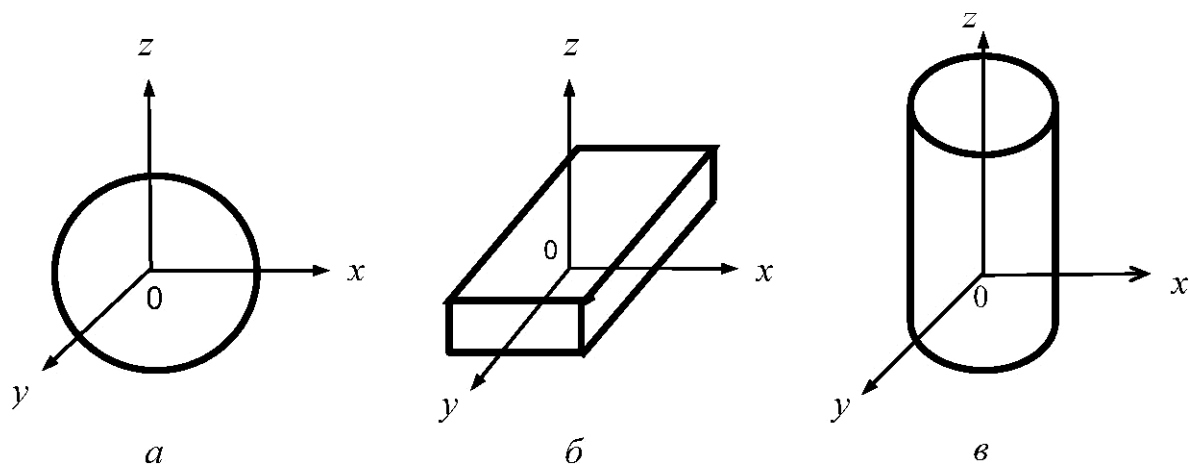


Рис. 2 Основные формы частиц:
a – изометрическая частица; *б* – пластинка; *в* – волокно [4]

- Изометрические (частицы с приблизительно одинаковыми размерами в трех направлениях). К этому классу относятся сферы, правильные многогранники или частицы близкие к ним по форме. Большинство научных представлений о поведении аэрозолей относится к изометрическим частицам (оптика аэрозолей, движение двухфазных сред и т.д.);

- Пластинки (с одним размером, гораздо меньшим, чем два других). К этому классу относятся лепестки, пленки, мембраны, чешуйки, диски. Форму пластинок обычно имеют частицы пыли. Твердые аэрозольные частицы в основном имеют неправильную форму, и им приписывается некий средний размер, например, по объему или по проекционной площади.

- Волокна или цепочки (протяженные в одном направлении) – частицы протяженные в одном направлении и имеющие сравнительно небольшие размеры – в двух других. К их числу относятся призмы, иглы, нити или минеральные волокна, содержащиеся, к примеру, в асбестовой пыли.

Научные данные о волокнах как об аэродисперсных системах ограничены по сравнению с данными об аэрозолях с изометрическими частицами.

Форма частиц зависит от их фазового состояния и механизма образования. Жидкие частицы, как правило, имеют сферическую форму, тогда как твердые, обычно, - неправильную форму.

Химический состав частиц аэрозоля может быть самым разнообразным и определяется как исходными материалами, так и способами создания этих частиц. В некоторых случаях встречаются композитные частицы, состоящие из нескольких химических веществ. К примеру, кислотные осадки состоят из раствора кислоты в воде; радиоактивные частицы, образующиеся при авариях с диспергированием ядерных материалов, включают в себя не только радиоактивные вещества, но и материалы теплоносителя или грунт. [1, 5, 7].

1.5. Классификация аэрозолей по концентрации частиц

В зависимости от концентрации частиц аэрозоли делятся на высококонцентрированные и разреженные. Основным критерием для этой классификации является объемная концентрация частиц [4]:

$$C_v = \frac{V_{\text{ч}}}{V}, \text{ где}$$

$V_{\text{ч}}$ – объем, занимаемый частицами в аэрозольной системе,

V – суммарный объем аэрозольной системы.

При $C_v > 0,1$ система называется высококонцентрированной, при $C_v < 0,1$ – разреженной. Так, в безветренную ясную погоду за городом в 1 л воздуха содержится несколько десятков тысяч частиц с общей массой меньше 10^{-7} г, а в шахте вблизи работающего угольного комбайна – миллиарды частиц с массой нескольких десятков мг (10^{-2} г) [4].

1.6. Классификация аэрозолей по содержания дисперсной фазы и характеру воздействия на человека.

По содержанию дисперсной фазы и характеру воздействия на человека различают атмосферные, радиоактивные, биологические, аэрозоли военного назначения, искусственные аэрозоли.

Наибольшее значение для жизнедеятельности человека имеют атмосферные аэрозоли. В частности, облака, участвуют в круговороте воды в природе, и, поглощая солнечные лучи и тепловое излучение Земли, смягчают климат. Вместе с тем, некоторые аэрозольные системы приносят вред. Так природные туманы препятствуют посадке самолетов, а пылевые бури являются бедствием для сухих и безлесных местностей. Промышленные аэрозоли загрязняют окружающую среду, уменьшают прозрачность атмосферы, угнетают рост растений, учащают туманы в промышленных центрах. Кроме того, аэрозоли наносят экономический ущерб, вызывая порчу производственного оборудования, зданий, унося с выбросами ценные материалы и т.д.

Источники атмосферных аэрозолей принято делить на:

- естественные (вулканические извержения, конденсация водяного пара в атмосфере, выветривание пород, разбрызгивание капелек воды над океаном, космическая пыль и т.д.). К примеру, за счет космической пыли на Землю поступает в год $(1,4-2,0) \cdot 10^7$ т вещества при общей массе атмосферы $5 \cdot 10^{15}$ т. За счет разбрызгивания капелек воды при ветре со скоростью порядка 12 м/с над океаном образуется до 500 мкг/м^3 солевых частиц. При пылевых бурях концентрация пыли в пустынных районах может достигать 300 мкг/м^3 , в Подмосковье до 30 мкг/м^3 , в районах Урала свыше 5 мкг/м^3 и т.д. [4 – 6].

- антропогенные - источники, обусловленные жизнедеятельностью человека (промышленные выбросы из дымовых труб, токсичные выбросы от автомобилей, пожары, взрывы, выветривание почвы в результате земледелия и открытой добычи ископаемых). За счет этих источников в атмосферу поступает $(3-4) \cdot 10^8$ т аэрозолей за год. В частности, концентрация аэрозольного смога,

обусловленная фотохимическими реакциями с выхлопными газами, в промышленных центрах достигает 200 мкг/м^3 [15], что вполне сравнимо с последствиями пылевых бурь. Аэрозоли антропогенного происхождения составляют примерно 20% от естественного содержания аэрозолей. Они образуются в основном при сжигании твердого и жидкого топлива. Кроме того, ряд производств, например, цементные заводы, выбрасывают в атмосферу большое количество пыли. Естественно, что пространственное распределение антропогенных аэрозолей неравномерно, и они являются загрязнителями атмосферы, негативно влияя как на человека и животных, так и на растительные сообщества. Химический состав и основные источники аэрозольных частиц в атмосферных аэрозолях определяется природой и мощностью разных источников этих частиц, а также механизмом выведения частиц разного происхождения из атмосферы [4, 6].

Основными источниками атмосферного аэрозоля являются: грунт, который в местностях, далеких от моря и промышленных предприятий, практически полностью определяет химический состав аэрозольных частиц в нижнем слое атмосферы (50 - 80 % всех аэрозольных частиц по массе). Однако химический состав этих частиц не идентичен химическому составу грунтов, т.к. не все минералы и другие грунтовые продукты одинаково диспергируются. В основном, это кварц, другие соединения кремния, глиноземы, карбонаты и кальциты, оксиды железа. Количество органических соединений в аэрозолях грунтового происхождения сравнительно невелико, около 10%.

Морская поверхность образует 10 - 20 % частиц атмосферного аэрозоля по массе. Химический состав этих частиц соответствует приблизительно химическому составу сухого остатка морской воды: NaCl - 78%, MgCl_2 - 11%, CaSO_4 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 - 11%. Концентрация соляных частиц над океаном может достигать 100 см^{-3} , но в среднем – 1 см^{-3} . Максимально представлены частицы размером с диаметром около 0,3 мкм.

Вулканы выбрасывают в атмосферу до 75 млн. м^3 дыма, вулканического пепла и более мелких частиц. Они могут подниматься в стратосферу на высоту

более 20 км. Более мелкие частицы сохраняются в стратосфере в течение нескольких лет. Среднегодовая мощность извержений $(1-5) \cdot 10^8$ тон, из которых 60 - 80% оксида кремния, 30 - 10% сульфатов, 3 - 10% кальцитов, 0 - 20% соединений алюминия, железа - 1 - 10%.

Каждый год на Землю попадает $1 - 5 \cdot 10^6$ тонн космического вещества, химический состав элементов в котором примерно такой: О - 33%, Fe - 29%), Si - 17%, Mg - 14%, S - 2,1%, Ni - 1,7%, Ca - 1,4%, Al - 1%, Na - 0,7%, а также Cr, Mn, K, P, Ti, Co.

Биосфера ежегодно выделяет в атмосферу 10^8 тонн терпеноподобных или слабо окисленных углеводов. Фотохимические и химические реакции ответственны за образование мелкодисперсных фракций атмосферного аэрозоля.

Существенным источником аэрозольных частиц являются продукты лесных пожаров: сажа, пепел, которые способны поглощать существенную долю УФ-излучения, попадающую на Землю.

В случае промышленных аэрозолей наибольшая доля частиц приходится на продукты сжигания: сажа - 48-27%, зола – 51-62%, смола - около 1%. В выхлопных газах автомобилей сконцентрировано большое количество разных частиц диаметром 0,02 – 0,06 мкм и небольшое количество больших частиц. В качестве источника аэрозолей в стратосфере и верхних слоях тропосферы рассматривают продукты горения авиационного топлива около $(1 - 5) \cdot 10^6$ тон/год. Таким образом, общее количество аэрозольной материи, выделяющейся в земную атмосферу, составляет примерно $10^9 - 10^{10}$ тонн/год [4 – 6].

В табл. 3 представлена сравнительная характеристика роли разнообразных источников аэрозольных частиц в атмосфере.

В табл. 4 приведена характеристика компонентов и источников атмосферного загрязнения.

Таблица 3 [4,6]

Сравнительная характеристика источников выбросов в атмосферу
аэрозольных частиц с радиусом $< 20 \text{ мкм}$ ($2 \cdot 10^{-5} \text{ м}$)

Источники	10 ⁶ тонн/год
Природные источники :	
- частицы грунта и горных пород (выветривание)	100 – 500
- продукты лесных пожаров и сжигания сельскохозяйственных остатков	3 – 150
- морская соль	300
- частицы вулканических извержений	20 – 150
Частицы, образованные вследствие эмиссий газов и последующих реакций:	
- сульфаты с H ₂ S	130 – 200
- соли аммиака с NH ₃	80 – 270
- нитраты с NO _x	60 – 430
- углеводородные соединения, являющиеся продуктами жизнедеятельности растительности	75 – 200
	770 – 2200
Индустриальные источники:	
- прямой выброс частиц	10 – 90
Частицы, образованные вследствие газового загрязнения:	
- сульфаты с SO ₂	130 – 200
- углеводородные соединения	15 – 90
- нитраты с NO _x	30 – 35

Таблица 4 [4,6]

Компонент и источники атмосферного загрязнения

Компонент	Источники атмосферного загрязнения
CO ₂	Вулканы, сжигание топлива, животные
CO	Двигатели внутреннего сгорания, вулканы
Соединения серы	Бактерии, сжигание топлива, вулканы, испарение морских брызг
Углеводородные соединения	Двигатели внутреннего сгорания, бактерии, растительность
Соединения азота	Бактерии, горение
Частицы	Вулканы, воздушная эрозия, горение, промышленная обработка, испарения капель морских брызг, лесные пожары

Важна оценка вклада природных и индустриальных источников на содержание аэрозольных частиц в атмосфере (табл. 5)

Таблица 5 [4,6]

Природные и антропогенные компоненты атмосферы и их содержание в атмосфере

Компонент	Содержание компонентов кг/год	
	Природных	Антропогенных
O ₃	$1.8 \cdot 10^{12}$	Мало
CO ₂	$7.2 \cdot 10^{13}$	$1.4 \cdot 10^{12}$
H ₂ O	$4.5 \cdot 10^{17}$	$9 \cdot 10^{12}$
CO		$1.8 \cdot 10^{11}$
S	$1.3 \cdot 10^{11}$	$6.8 \cdot 10^{10}$
N	$1.4 \cdot 10^{12}$	$1.8 \cdot 10^{10}$

Выведение аэрозолей из атмосферы осуществляется, в основном, за счет их вымывания облаками. Очистка воздуха осадками является главным процессом выведения газовых, жидких и твердых загрязнений из атмосферы в грунт [3, 4, 14]. При этом происходят процессы:

- 1) перемещение примесей к месту очистки;
- 2) внутриоблачная очистка элементами облаков;
- 3) подоблачная очистка осадками, которая обычно называют вымыванием.

Вымывание в облаке и вымывание в подоблачном слое определяются главным образом такими параметрами, как:

- 1) размером и концентрацией частиц в атмосфере;
- 2) размерами и концентрацией облачных и дождевых капель, действующих как коллекторы;
- 3) запасом жидкой воды в облаке при непрерывной конденсации;
- 4) значением pH и химическим составом облачной и дождевой воды;
- 5) степенью возможности газов и частиц растворяться в водных каплях.

Размеры и форма частиц атмосферного аэрозоля.

Большинство аэрозольных частиц в воздухе имеют форму близкую к сферической. Диапазон размеров аэрозольных частиц в атмосфере очень широкий: от нескольких молекул, радиуса приблизительно 10^{-7} м, до размеров в несколько микрон. Верхний предел размеров аэрозольных частиц определяется возможностью продолжительного существования их в атмосфере, т.е. скоростью оседания. При этом к атмосферным аэрозолям обычно относят частицы со скоростями осаждения не больше, чем у капелек воды диаметром 100 мкм (крупные дождевые капли и осадки тем самым относят к отдельному классу).

Существует несколько классификаций атмосферных аэрозолей по размеру. В частности, в связи с тем, что частицы атмосферных аэрозолей играют важную роль в процессах конденсации водяного пара и тем самым в формировании осадков, в метеорологии их называют ядрами конденсации, независимо от физических и химических свойств, а классификацию проводят по характерным размерам [4]:

- частицы Айткена - $r < 0,1$ мкм;
- большие частицы - $r = 0,1 - 1$ мкм;
- гигантские частицы - $r > 1$ мкм.

Согласно с другой классификацией фракцию частиц с радиусом ≤ 0.1 мкм принято называть мелкодисперсной или высокодисперсной. Эта фракция играет важную роль в электрических атмосферных явлениях, а также в фотохимических процессах, происходящих в атмосфере, например, в слое озона.

Среднедисперсная фракция атмосферных аэрозолей включает частицы в диапазоне размеров $0,1 \text{ мкм} \leq r < 1 \text{ мкм}$. Эта фракция определяет оптические свойства атмосферного аэрозоля в видимой и близкой к инфракрасной области спектров, а именно обуславливает как рассеивание, так и поглощение атмосферой солнечной радиации.

Грубодисперсной фракцией атмосферных аэрозолей называются частицы с радиусом ≥ 1 мкм. Они играют важную роль в процессах облакообразования, а также существенно влияют на оптические свойства атмосферных аэрозолей в инфракрасной области спектра. Именно эти частицы, являются главной составляющей компонента, которую измеряют при изучении атмосферного аэрозольного загрязнения.

Промышленные и аварийные выбросы вредных веществ в атмосферу представляют собой непосредственную опасность для окружающей среды и населения. Во-первых, процессы переноса примесей в атмосфере настолько динамичны, что последствия таких выбросов сказываются практически сразу на состоянии окружающей среды. Во-вторых, при выбросах в атмосферу загрязняются приземный слой воздуха и подстилающая поверхность (почва, водоемы, растительность), что представляет опасность поступления вредных веществ в организм человека и животных.

Первичными загрязнителями воздуха являются оксиды углерода, сажа и диоксид серы, образующиеся непосредственно при сжигании топлива. Как известно, при горении в недостатке кислорода образуется токсичный монооксид углерода. Если кислорода еще меньше, среди продуктов появляется углерод (в виде сажи). При низких температурах и малом количестве кислорода разрушение углеводородов может сопровождаться их изомеризацией и поликонденсацией, что приводит к образованию полициклических ароматических углеводородов, в том числе бензопирена, обладающего канцерогенными свойствами.

Загрязнение воздуха также вызывают входящие в состав топлива примеси, в первую очередь, соединения серы. Ее содержание в некоторых углях может достигать 6 %. При сжигании такого топлива образуется диоксид серы, который растворяется в капельках воды, конденсирующихся вокруг частиц дыма. Образующийся при этом «кислотный туман» оказывает вредное воздействие на растения и животных, вызывает разрушение металлов и строительных материалов [4 – 6].

Особую опасность представляет смог. Известно [4, 6], что распределение загрязнений в воздухе зависит от погодных и климатических явлений. К примеру, ветры увеличивают скорость рассеяния и перемешивания, а воздушные потоки, направленные от земли, выносят загрязнения в верхние слои атмосферы. Однако часто возникают условия, при которых атмосферные слои становятся очень стабильными и загрязнения остаются вблизи поверхности земли. Необычное состояние атмосферы, при котором температура воздуха в тропосфере не убывает с высотой, называют инверсией. Это приводит к тому, что более холодный воздух располагается ниже теплого, и не может подняться вверх и рассеяться в атмосфере. Под «крышей» из теплого воздуха загрязнения накапливаются в больших количествах, что становится опасным для здоровья.

Смог представляет серьезную опасность особенно для детей и людей, страдающих заболеваниями сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Он вызывает воспаление слизистых оболочек глаз, носа и гортани и может являться причиной головных болей, одышки, затруднения и даже остановки дыхания. Под влиянием смога существенно повышается количество случаев госпитализаций, ремиссий и смертей от респираторных и хронических заболеваний.

В период появления смога людям с ослабленным здоровьем рекомендуется покинуть города и промышленные центры, закрыть окна в помещениях, пользоваться устройствами для увлажнения воздуха, носить одежду свободного покроя, снизить физические нагрузки, употреблять как можно больше жидкости, реже бывать на улице, а при передвижении на воздухе использовать влажные марлевые повязки. Помимо этого, необходимо употреблять в пищу как можно больше зелени, овощей, фруктов, оливкового масла и других продуктов, содержащих антиоксиданты.

Переход от угля к углеводородным топливам уменьшил опасность загрязнения воздуха частицами сажи. Однако появились новые виды загрязнений, возникающих в результате реакций первичных загрязнителей с

несгоревшим топливом и кислородом воздуха. Химические реакции, приводящие к образованию вторичных загрязнителей, наиболее эффективно протекают при солнечном свете, поэтому данное загрязнение воздуха получило название фотохимического смога. Появление фотохимического смога связывают с бурным развитием автомобильного транспорта.

Мощные и регулярные выбросы в атмосферу могут иметь и глобальные последствия. Поступление в атмосферу окисей серы, азота и хлора приводит к образованию капель воды, содержащих кислоту, и к выпадению кислотных осадков. Выбросы оксидов углерода сказываются на теплообмене в нижних слоях атмосферы и способствуют глобальному потеплению климата. Широкое применение хлор-(бром)-содержащих фреонов, а также выброс соединений азота повлияли на состав аэрозолей в тропосфере и озоновом слое земной атмосферы. Выбросы радиоактивных веществ на атомных станциях надолго нарушили нормальную жизнедеятельность в районах этих аварий. Таким образом, экологическая опасность аэрозольных выбросов в атмосферу заключается не только в непосредственном влиянии загрязнений на здоровье человека, но и имеет глобальное значение, что связано с долговременными процессами изменения химического и дисперсного состава атмосферы, переносом веществ в тропосфере и стратосфере, влиянием загрязнений на массовые балансы веществ и температурные режимы в атмосфере [4 – 6 , 13].

В целом использование технологических процессов и работа производств, связанных с выбросом аэрозолей в рабочие помещения или атмосферу, требует тщательной оценки экологической опасности, а также применения различных средств очистки, в частности систем вентиляции, обеспечивающих полную замену загрязненного воздуха чистым. Для улавливания аэрозолей и очистки воздуха, используют различные методы фильтрации, а также гравитационного, сухого инерционного, электростатического и центробежного осаждения, мокрого пылеулавливания, звуковой и ультразвуковой коагуляции и т.д. [4, 5, 7].

Некоторые промышленные аэрозоли, образующиеся при получении и обработке горючих материалов, способны за счет развитой поверхности к более интенсивному воспламенению, чем исходные вещества. При скоплении мелкодисперсной пыли таких материалов в замкнутых помещениях и наличии источников воспламенения может произойти взрыв, что часто наблюдается в угольных шахтах.

Особая чистота внутри помещений требуется при работе с радиоактивными материалами и в микроэлектронике. Допустимое содержание аэрозолей регламентируется при этом соответствующими нормативными документами [5].

Аэрозоли радиоактивные – это аэрозоли с радиоактивной дисперсной фазой. Радиоактивные свойства аэрозолей обусловлены свойствами радионуклидов, находящимися в них. Кроме показателей, характерных обычным аэрозольям, радиоактивные характеризуются величиной радиоактивности в частице, распределением радиоактивности по ее объему и функцией распределения радиоактивности между частицами различных размеров.

По происхождению радиоактивные аэрозоли классифицируют на естественно- и искусственно-радиоактивные [1, 3, 4].

Естественные радиоактивные аэрозоли образуются в результате выделения из земной коры радиоактивных инертных газов (радона и др.) и образования в процессе их распада атомов дочерних радионуклидов, которые присоединяются к частицам, находящимся в атмосфере. К примеру, дочерние радионуклиды урана и тория вместе с рудничной пылью образуют естественные радиоактивные аэрозоли, образующиеся при добыче некоторых ископаемых (свинец, уголь, фосфатные удобрения), имеющих примеси урана в месторождениях. Размер частиц естественных радиоактивных аэрозолей определяется размером атмосферных аэрозолей ($0,001 - 10 \text{ мкм}$ ($10^{-9} - 10^{-5} \text{ м}$)).

Искусственные радиоактивные аэрозоли появляются в результате ядерных взрывов, при технологических или аварийных выбросах предприятий

атомной промышленности, при обработке твердых или жидких радиоактивных материалов, при работе ядерных реакторов, ускорителей заряженных частиц и т.д.

Естественные и искусственные радиоактивные аэрозоли, оседающие из атмосферы на землю, загрязняют воду, почву, растительность и могут поступать в организм человека с пищевыми продуктами растительного и животного происхождения. Основная опасность радиоактивных аэрозолей для человека связана с их попаданием в организм, что определяется физико-химическими свойствами несущей инертной частицы (состояние, размер), а также физико-химическими свойствами связанных с ней радиоактивных изотопов (смываемость, растворимость).

Радиоактивные изотопы, поступающие в организм человека в виде аэрозолей при вдыхании, либо накапливаются в тканях легких, либо абсорбируются в кровь, распределяясь в различных органах и тканях. Трудно растворимые радиоактивные изотопы длительно задерживаются в легких и лимфатических узлах, облучая непосредственно их ткани, в то время как легко растворимые быстро абсорбируются в кровь, облучая другие ткани организма. Радиоактивные аэрозоли, попадающие на кожные покровы, могут вызывать лучевые ожоги кожи, а также абсорбироваться в кровь.

Концентрация радиоактивных аэрозолей в воздухе выражается в виде количества радиоактивности, содержащейся в единице объема воздуха. Для измерения концентрации радиоактивных аэрозолей их осаждают на фильтры, пропуская определенный объем воздуха, а затем соответствующими радиометрическими или спектрофотометрическими методами, зависящими от типа и энергии излучения радионуклидов, измеряют радиоактивность на фильтре.

В производственных условиях уровень радиоактивных аэрозолей регламентируется величиной предельно допустимой концентрации (ПДК) радиоизотопов, концентрация которых выражается в единицах ионизирующего излучения (микроюри на 1 м³ воздуха). Например, для

растворимых соединений изотопа плутония Pu-239, стронция Sr-90, предельно допустимая концентрация составляет $(3-6) \cdot 10^{-8} \text{ мг/м}^3$ («Нормы радиационной безопасности» (НРБ-69)).

Биологические аэрозоли — аэрозоли, частицы которых несут на себе жизнеспособные микроорганизмы или токсины. Данная аэродинамическая система может быть представлена в виде пылевых или капельных аэрозолей, в которой соответственно твердая или жидкая дисперсная фаза содержит биологически активный субстрат в виде микроорганизмов (бактерий, риккетсий, вирусов, патогенных грибов) или их токсинов [4, 11, 18].

По фракционно-дисперсному составу биологические аэрозоли относятся к полидисперсным системам, величина частиц которых колеблется в широком диапазоне — от 0,1 до 900 мкм (10^{-5} - $9 \cdot 10^{-4}$ м).

Биологические аэрозоли образуются в результате высыхания и подъема с пылью сухих экскрементов больных животных и человека, а также при испарении или выделении больными и бациллоносителями воздушно-капельным путем возбудителей некоторых инфекционных заболеваний (легочная чума, натуральная оспа, грипп и т.д.).

Аэрозоли биологического происхождения переносятся на огромные расстояния. Известны случаи, когда споры грибов были обнаружены над Карибским морем в 1000 км от ближайшего возможного места их образования. Споры плесени и дрожжей находят в атмосфере на высоте свыше 11 км [4, 6].

Механизм распространения биологических аэрозолей заключается в следующем. Первоначально, за счет чихания, кашля, разговора, из дыхательной системы больного человека выбрасываются капли жидкости, диаметром 1-100 мкм, содержащие микроорганизмы. Крупные капли оседают на одежду или подстилающую поверхность, высыхают, а микроорганизмы за счет ветра поднимаются в воздух. Затем мелкие капли испаряются и в воздухе остаются микроорганизмы. За счет ветра они могут переноситься на большие расстояния. Таким образом, распространение инфекции по воздуху в зависимости от размера частицы может происходить двумя путями — в виде самих капель или в

виде сухих аэрозолей патогенных микроорганизмов.

В организм человека данные аэрозоли попадают в основном через органы дыхания. Инфицирование через конъюнктиву осуществляется реже и зависит от концентрации частиц аэрозоля и их биологической активности.

Негативный эффект биологического аэрозоля главным образом обусловлен характером возбудителя заболевания, жизнеспособностью патогенного биоагента и величиной ингалированной дозы, которая в свою очередь определяется концентрацией живых микроорганизмов во вдыхаемом воздухе (биологическая концентрация), продолжительностью ингаляции и объемом легочной вентиляции зараженного субъекта.

Радикальным способом борьбы с такими аэрозольными системами является стерилизация воздуха ультрафиолетовым облучением или химическими веществами. Кроме того, используются ватно-марлевые повязки, а также вентиляция помещений.

Некоторые аэрозоли способны непосредственно действовать на органы дыхания человека. Так, при попадании в организм неорганической и органической пыли, состоящей даже из нетоксичных веществ, возможны так называемые, профессиональные заболевания с общим названием пневмокониозы, т.е. болезни легких, вызванные вдыханием пыли: силикоз развивается при вдыхании пыли, содержащей свободный кремнезем; асбестоз - асбестовой пыли; биссиноз - хлопковой пыли, богассоз - пыли сахарного тростника, сидерозом страдают сварщики и т.д. [4, 5, 18].

Природа возникновения пневмокониозов заключается в следующем. В связи с тем, что дыхательная система человека состоит из ряда разветвленных ходов, уменьшающихся по ширине, воздух, вдыхаемый через рот или нос, последовательно проходит через трахею, бронхи, бронхиолы, альвеолы, диаметр которых не превышает 0,3 мм. Крупные частицы воздуха осаждаются в полости носа, а мелкие попадают в легкие и осаждаются там. Часть пылинок попадает в кровеносную систему, однако большинство, из них попадая в легочную ткань, собираются в лимфатической системе, вызывая

пневмоконикозы.

Потенциально опасны для органов дыхания также неорганические пыли, которые выделяются в сталелитейном и керамическом производствах, при шлифовании, золотодобыче, на рудных и угольных шахтах, котельных и т.д. Органические пыли, образующиеся при переработке хлопка, льна, производстве ковров и меха, могут вызвать аллергию. Продукты горения (сажа, смолы и др.) также вызывают различные заболевания.

К токсичным аэрозолям относятся аэрозоли, состоящие из токсичных веществ (кислоты, щелочи, ядохимикаты, боевые отравляющие вещества, свинцовая пыль, ртуть и т.д.). Токсичные вещества поступают в организм человека через дыхательные пути (ингаляционное проникновение), желудочно-кишечный тракт и кожу. Степень отравления зависит от их агрегатного состояния и от характера технологического процесса (нагрев вещества, измельчение и др.). Помимо острых и профессиональных хронических интоксикаций, промышленные яды могут быть причиной понижения иммунитета и, как следствие, повышения общей заболеваемости [1, 3 – 5, 18].

Токсичное действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества классифицируют на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Степень интоксикации аэрозолями ядовитых веществ зависит от количества попавшего в организм, его физических свойств, длительности поступления, механизма взаимодействия с биологическими средами (кровью, ферментами), а также метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды.

Для оценки опасности и вредности для здоровья человека наряду со степенью дисперсности аэрозолей основным показателем служит весовая концентрация (число миллиграммов распыленного вещества в 1 м³ воздуха).

Особого внимания заслуживает папиросный и трубочный дым, который содержит аэрозольные частицы, газы и пары. Для простых сигарет средний размер частиц их дыма составляет 0,6 мкм, для сигарет с фильтром – 0,4 мкм, а

максимальный размер частиц достигает 10 мкм.

Многочисленными исследованиями установлено [4, 5, 18], что в табачном дыму содержится более 40 канцерогенов (в 20 папиросах - 100 мг никотина, 32 мг аммиака, 0,8 мг синильной кислоты, 0,4 л окиси углерода, в 1000 сигаретах - 2 мг 3,4-бензопирена и др.). В среднем за год в организм курильщика попадает 250 г табачной смолы (дегтя), которая содержит 14–15 канцерогенных веществ (3,4-бензопирен, радиоактивные вещества, полоний–210, свинец-210, калий–40, стронций–90 и др.).

Наиболее сильным канцерогеном в табачном дыме является радиоактивный полоний–210, излучающий α -частицы. Он проникает в табак из грунта через корневую систему. Попадая с табачным дымом в легкие, полоний-210 подвергает постоянному радиоактивному облучению паренхиму легкого, вызывая ее злокачественное перерождение.

Основным отравляющим веществом табачного дыма является никотин, смертельная доза которого для человека составляет примерно 1 мг на 1 кг массы тела. То есть, выкуривая 20–25 сигарет за день, курильщик получает смертельную дозу никотина. Однако погибает курильщик постепенно, на протяжении нескольких лет, т.к. эту дозу никотина он вводит в себя не сразу, а в течение дня. В промежутках между курением значительная часть соединения разрушается в организме (в печени) или выводится из него на протяжении 1–2 суток почками, легкими, слюнными и потовыми железами. Кроме того, у курильщиков вырабатывается повышенная устойчивость к этому яду. Однако с каждой выкуренной сигаретой вредное воздействие никотина на человека усиливается и приводит к какому-либо заболеванию.

Курение способствует развитию многих заболеваний, смертность от которых непосредственно или опосредованно связана с курением: злокачественные новообразования трахеи, бронхов и легких, губ, пищевода, полости рта и глотки, гортани, хронический бронхит, эмфизема, цирроз печени, язвенная болезнь желудка, болезни сердечно-сосудистой системы (гипертония, ишемия сердца, склероз сосудов головного мозга инсульт и др.).

У курильщиков рак легких развивается в 10 раз чаще, чем у некурящих. Чем раньше человек начинает курить, тем вероятнее у него развитие рака легких до 40 лет. Если учесть, что 95% умерших от рака легких были злобными курильщиками, выкуривающими 20–40 сигарет в день, то можно считать, что практически все случаи смерти от рака легких непосредственно связаны с курением.

По данным онкологов, курящие среди больных раком гортани составляют от 80 до 95%. Большая часть умерших от рака гортани имела стаж курения от 10 до 30 лет и выкуривала ежедневно 10–40 сигарет. Сочетание курения с употреблением алкоголя увеличивает вероятность возникновения рака гортани в 22 раза, рака полости рта – более чем в 100 раз, рака пищевода – в 9–12 раз. С курением связано не менее 20% случаев рака молочной железы.

Компоненты табачного дыма оказывают разрушающее действие на слизистую трахеи, бронхов (особенно бронхиол) и паренхиму легких. Установлено [4, 5, 18], что никотин парализует двигательную способность ресничек мерцательного эпителия, нарушает процесс самоочищения и, как следствие, возникает привычный кашель, позволяющий механическим путем частично удалить скопление мокроты и пылевых частиц из бронхиального дерева. Постоянный привычный кашель, особенно по утрам, является одним из клинических симптомов хронического бронхита, на фоне которого развивается эмфизема легких, бронхиальная астма, пневмосклероз легких. 80% курильщиков страдает хроническим бронхитом, который возникает в 3–4 раза чаще, чем у некурящих, а уровень смертности по этой причине у курящих в 15–30 раз выше.

Дым табака приводит к недостаточному поступлению кислорода в кровь, и, следовательно, ко всем клеткам организма. Наиболее пагубное влияние на сердечно-сосудистую систему оказывают никотин и окись углерода. Никотин увеличивает выделение надпочечниками адреналина, сильно сужая капилляры, что в свою очередь приводит к стойкой гипертензии и ишемии миокарда.

Концентрация окиси углерода в табачном дыме составляет около 40%.

Окись углерода, вытесняя кислород, соединяется с гемоглобином, образуя карбоксигемоглобин. В результате клетки организма вместо кислорода получают угарный газ, что приводит к серьезным нарушениям их функций. Таким образом, продукты сгорания табака вызывают повышение артериального давления, учащение пульса, аритмию сердца, острую сердечную недостаточность, кислородное голодание различных органов и систем организма, тромбоз, усиливают процессы атеросклероза. При выкуривании одной сигареты частота пульса увеличивается на 15%, артериальное давление повышается на 5%. Среди заболеваний сердечно-сосудистой системы, возникающих вследствие курения, можно выделить ишемическую болезнь сердца, атеросклероз сосудов головного мозга, коронарных и периферических сосудов. Западногерманские специалисты указывают, что около 80% мужчин и 60% женщин, перенесших инфаркт миокарда, курили около 20 лет, причем более 20 сигарет в день

Курение вызывает недостаток витамина С в организме курильщиков. Даже в крови и материнском молоке женщин, вынужденных находиться в одном помещении с курильщиками, количество витамина С в два раза меньше, чем у тех, кто не соприкасается с курящими. Недостаток витамина С в организме проявляется многочисленными симптомами: возбужденное состояние нервной системы, бессонница, быстрая утомляемость, нарушение аппетита, повышенная восприимчивость к инфекционным, в том числе простудным заболеваниям.

К аэрозолям военного значения относят принятые на вооружении армий некоторых стран аэрозоли отравляющих веществ. Использование токсичных веществ в виде высокодисперсных аэрозолей существенно повышает их поражающую эффективность, которая определяется физико-химическими свойствами аэрозольной системы (стойкость, агрегатное состояние), методом диспергирования (взрыв боеприпасов, распыление с помощью аэрозольных генераторов, сгорание), метеорологическими условиями (состояния атмосферы), рельефа местности и т.д. В зависимости от данных факторов,

военные аэрозоли могут иметь разный фракционно-дисперсный состав: туманы, дымы содержат частицы от 10^{-10} м до 10^{-5} м, капельножидкие формы - частицы от $3 \cdot 10^{-6}$ - $5 \cdot 10^{-6}$ м до $5 \cdot 10^{-5}$ - $7 \cdot 10^{-5}$ м, реже до $2 \cdot 10^{-4}$ - $4 \cdot 10^{-4}$ м [3, 4, 7].

Время существования облака военных аэрозолей зависит от летучести отравляющих веществ. Аэрозоли с нестойкими токсичными веществами (температура кипения до 140°C) при взрыве боеприпасов попадают в приземный слой атмосферы в виде пара; с устойчивыми (температура кипения выше 140°C) - находятся в виде тумана; с отравляющими веществами, имеющими очень высокую температуру кипения, - в виде ядовитых дымов. Степень поражения военным аэрозолем определяется свойствами и количеством отравляющих веществ, попавших в организм человека [4].

Радиоактивные аэрозоли, являющиеся одним из поражающих факторов ядерного оружия, представляют смесь частиц ядерного заряда (урана, плутония), частичек элементов боеприпаса с наведенной радиоактивностью, частичек атмосферной пыли и грунта, превратившихся в аэрозоль. При воздушном взрыве радиоактивные аэрозоли образуются в основном за счет материалов боеприпаса, атмосферной пыли и влаги воздуха. Средние размеры частиц аэрозоля после конденсации паров воды достигают нескольких микрометров. Вследствие малых размеров и небольшой скорости оседания радиоактивные аэрозоли длительное время остаются в атмосфере и уносятся воздушными потоками на большие расстояния, заражая обширные территории.

В военных операциях для маскировки войск, для предотвращения визуального наблюдения и фотографирования территорий и военных объектов, применяются дымовые завесы, а для сигнализации используются цветные дымы.

Методы и средства защиты от токсичных аэрозолей

Нормирование содержания вредных веществ, пыли и микроклиматических параметров воздуха рабочей зоны осуществляется системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие требования безопасности». Для воздуха рабочей зоны

производственных помещений в соответствии с ГОСТ 12.1.001-89 устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ и пыли, которые выражаются в миллиграммах вредного вещества, находящегося в 1 м³ воздуха. ПДК установлены для более чем 2000 химических веществ, еще приблизительно для 500 вредных веществ установлены ориентировочно безопасные уровни воздействия. В ГОСТ 12.1.005-88 выделена группа аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, вызывающих профессиональные болезни № I – пневмокониозы, антракозы, асбестозы, силикозы (каменноугольная пыль, асбестовая пыль, кремневая пыль – всего 90 наименований).

Наиболее эффективным методом защиты воздуха производственной среды от вредных аэрозолей является вентиляция.

Вентиляцией называется комплекс взаимосвязанных устройств и процессов для создания требуемого воздухообмена в производственных помещениях. Основное назначение вентиляции – удаление из рабочей зоны загрязненного или перегретого воздуха и подача чистого, в результате чего в рабочей зоне создаются необходимые условия воздушной среды. Одна из главных задач, возникающих при устройстве вентиляции – определение воздухообмена, то есть количества вентиляционного воздуха, необходимого для обеспечения оптимального санитарно-гигиенического уровня воздушной среды помещений. Применение вентиляции обосновано расчетами, при которых учитываются температура, влажность воздуха, выделение вредных веществ, избыточное тепловыделение. Если в помещении нет вредных выделений, то вентиляция должна обеспечивать воздухообмен не менее 30 кубометров в час на каждого работающего (для помещений с объемом до 20 кубических метров на одного работающего). При выделении вредных веществ в рабочей зоне необходимый воздухообмен определяют, исходя из условия их разбавления до ПДК, а при наличии тепловых избытков – из условий поддержания допустимой температуры в рабочей зоне [4, 5].

При работе в особо опасных условиях (в изолированных объемах, при ремонте нагревательных печей, газовых сетей и т. п.), а также в условиях повышенного аэрозольного загрязнения рабочей зоны и чрезвычайных ситуациях (при пожаре, аварийном выбросе химических или радиоактивных веществ) применяются средства индивидуальной защиты. К средствам индивидуальной защиты органов дыхания относят противогазы, респираторы и ватно-марлевые повязки [4, 5, 18].

Наиболее надежным средством защиты органов дыхания людей от вредных примесей, находящихся в воздухе, являются противогазы (фильтрующие противогазы ГП-5, ГП-5м и ГП-4у (рис. 3) и изолирующие противогазы (ИП-4, ИП-5, ИП-46, ИП-46м)). Принцип защитного действия фильтрующих противогазов основан на предварительном очищении (фильтрации) вдыхаемого человеком воздуха от различных вредных примесей.

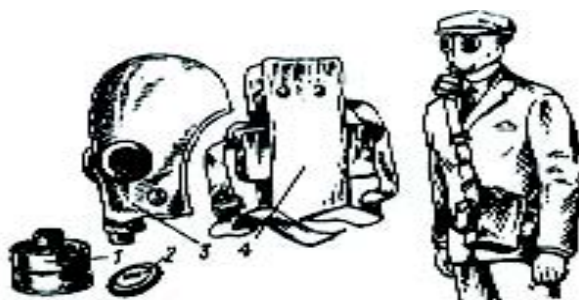


Рис 3. Противогаз ГП-5

Изолирующие противогазы используют в том случае, когда фильтрующие противогазы не обеспечивают защиту, а также в условиях недостатка кислорода в воздухе. Необходимый для дыхания воздух в изолирующих противогазах обогащается кислородом в регенеративном патроне, снаряженном специальным веществом (перекись).

Респираторы (ШБ-1 «Лепесток», «Кама», У-2К, Р-2 (рис. 4)) представляют собой облегченное средство защиты органов дыхания от вредных газов, паров, аэрозолей и пыли. Широкое распространение они получили в шахтах, на рудниках, на химически вредных и запыленных предприятиях, при работе с удобрениями и ядохимикатами в сельском хозяйстве.

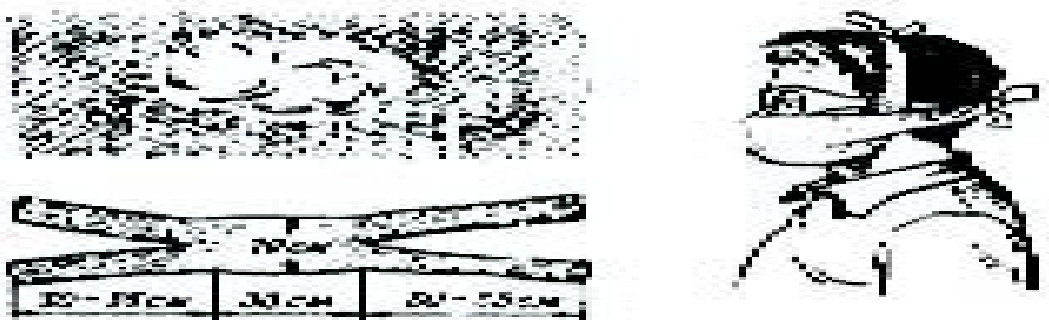


Рис. 4. Респираторы: а) ШБ-1; б) «Кама»; в) У-2К

Ими пользуются на атомных электростанциях, при зачистке окалины на металлургических предприятиях, при покрасочных, погрузочно-разгрузочных и других работах. По назначению респираторы подразделяются на противопылевые, противогазовые и газопылезащитные. Противопылевые респираторы защищают органы дыхания от аэрозолей различных видов, противогазовые – от вредных паров и газов, а газопылезащитные – от газов и пыли при одновременном их присутствии в воздухе. В качестве фильтров в противопылевых респираторах используют тонковолокнистые фильтровальные материалы, которые после отработки непригодны для дальнейшей эксплуатации. В респираторах многократного использования предусмотрена замена фильтров.

При отсутствии противогазов и респираторов для защиты органов дыхания можно воспользоваться ватно-марлевой повязкой (рис. 5).



Рис. 5. Ватно- марлевая повязка

В частности, в больницах они позволяют предупредить инфекционные заболевания. Однако ватно-марлевые повязки не защищают от отравляющих веществ.

Ватно-марлевая повязка изготавливается следующим образом: в середину куска марли длиной 100 см и шириной 50 см на площадь 30×20 см кладут ровный слой ваты толщиной примерно 2 см; свободные от ваты концы марли по всей длине куска с обеих сторон заворачивают, закрывая вату; концы марли (30-35) см с обеих сторон посередине разрезают ножницами, образуя две пары завязок; завязки закрепляют стежками ниток (обшивают). При отсутствии ваты, можно изготовить марлевую повязку. Для этого вместо ваты на середину куска марли укладывают (5-6) слоев марли.

Искусственные аэрозоли находят широкое применение во многих областях человеческой деятельности: в химической, пищевой, парфюмерно-косметической, строительной промышленности, медицине, сельском хозяйстве и т.д., что обусловлено их высокой эффективностью. Известно, что увеличение поверхности вещества сопровождается увеличением его активности. Малые количества веществ, распыленных в виде аэрозоля, занимают значительный объем и обладают большой реакционной способностью. В этом состоит главное преимущество аэрозолей перед другими дисперсными системами [7 – 13].

Аэрозольная форма позволяет в бытовых и промышленных условиях быстро и без лишних затрат распылять жидкие и порошкообразные вещества в виде частиц заданного размера. Кроме того, аэрозольный способ применения экономически выгоден, так как он сокращает удельный расход вещества (в 5-10 раз) и повышает эффект его действия. На данных свойствах основано широкое применение искусственных аэрозолей в самых различных отраслях современной промышленности.

В частности, в энергетике и на транспорте все жидкие и большая часть твердых топлив сжигаются в распыленном состоянии, то есть в виде аэрозолей. Это относится к энергоблокам крупных тепловых электростанций, двигателям внутреннего сгорания транспортных средств (автомобильные, авиационные,

судовые двигатели), а также к ракетным и реактивным двигателям аэрокосмических систем.

Наибольшее распространение аэрозольные системы получили в различных отраслях химической технологии. К примеру, аэрозольное состояние является промежуточной стадией процесса получения целого ряда тонкоизмельченных химических продуктов. Для производства высокодисперсной сажи, используемой в качестве наполнителя в резиновой и шинной промышленности, получают аэрозоль сажи путем сжигания газа с последующим осаждением в виде порошка. Управляя процессом горения, можно получить требуемую степень дисперсности сажевых частиц [4].

Большую роль аэрозоли играют в лакокрасочной промышленности. В ряде случаев окраска изделий и зданий производится красками и лаками, распыленными механическим или электростатическим способами. Некоторые пигменты, например, окиси цинка и сурьмы получают из соответствующих дымов. Образующиеся при этом высокодисперсные частицы определяют большую покрывающую способность и качество покраски. С помощью аэрозолей осуществляют металлические покрытия (плазменное напыление), покраску машин и других поверхностей [4, 11].

При получении тонкодисперсных порошков важную роль играют процессы испарения. Они применяются главным образом в пищевой промышленности, где используется распылительная сушка. Так, при приготовлении молочных порошков жидкая суспензия попадает на вращающийся ротор. Отрывающиеся от ротора капли испаряются в потоке теплого воздуха до полного высыхания и твердые частицы собираются.

Многие современные технологии получения новых материалов основаны на использовании исходных компонентов в виде порошков. К таким технологиям относятся порошковая металлургия, технология металлокерамического производства и производства огнеупорных материалов, самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Сущность данных технологий состоит в прессовании исходных композиций порошков с

последующей термической обработкой деталей путем нагрева в электрической печи, потоком плазмы или в волне горения.

Важную роль играют аэрозоли в защите сельскохозяйственных и лесных культур от вредителей (применение ядохимикатов путем распыления с самолетов, с помощью пульверизаторов, аэрозольных бомб, шашек и др.).

Аэрозольный способ применения инсектицидов сельском хозяйстве позволяет использовать их наиболее экономичным образом, так как сокращает удельный расход вещества (в 5-10 раз), повышает эффективность его действия и сокращает затраты труда на обработку.

Для борьбы с насекомыми, грибковыми заболеваниями растительности и сорняками разбрасываются аэрозоли, содержащие твердые частицы или жидкие капли ядохимикатов. В зависимости от цели применения таких аэрозолей, их степень дисперсности варьируется в широких пределах. Оптимальный размер аэрозольных частиц определяется показателями, специфичными для данного препарата (восприимчивость насекомого к препарату, его способ действия, химические и физические свойства), а также внешними факторами, включающими метод обработки и метеорологические условия. В частности, для уничтожения летящих насекомых путем прямого попадания инсектицида на их крылья и тело, частицы или капли аэрозоля в течение достаточного времени должны оставаться во взвешенном состоянии, что возможно при размере капель не менее 10 мкм.

Обычно применяются аэрозоли с дисперсностью 10 – 30 мкм. В частности, они предназначены для проникновения сквозь густой лес, т.к. не задерживаются листвой и, долго оставаясь во взвешенном состоянии, глубоко проникают даже в густой подлесок. Однако, учитывая размер насекомого и густоту кроны деревьев, в частности, для борьбы с саранчой требуется, чтобы при сплошном опрыскивании капли были диаметром около 100 мкм [19, 20].

Опрыскивая и опыляя сельскохозяйственные культуры, стремятся к тому, чтобы применяемый инсектицид возможно более полно и равномерно осаждался на растения и сохранял свое действие в течение необходимого

времени. Для этого используются распылительные аппараты. Данные устройства, предназначенные для обработки больших площадей и обеспечивающие дисперсный состав инсектицида в желаемом диапазоне, работают на принципе механического распыления при высокой температуре. Жидкий инсектицид или его масляный раствор распыляется потоком горячего воздуха или выхлопных газов. При высокой температуре жидкость имеет низкую вязкость и поверхностное натяжение, и это способствует ее тонкому дроблению. Образующиеся капли быстро испаряются, пар выходит в атмосферу, где он вновь конденсируется, образуя туман или дым [4, 12, 13].

Аэрозоли используются в целях охлаждения и увлажнения воздуха на фермах, складах, теплицах, что позволяет поддерживать комфортные условия для пребывания животных, роста растений, хранения продукции.

Искусственные аэрозоли нельзя приготовить заранее, т.к. перевод вещества в состояние аэрозоля может быть осуществлен только в момент применения препарата.

Устройства для генерирования аэродисперсных систем называются аэрозольными генераторами. Они делятся на: 1) аппараты, создающие аэрозоли методом диспергирования за счет измельчения (распыления) больших объемов жидких и твердых тел на частицы малых размеров; 2) аппараты для создания аэрозолей конденсационным методом, когда коллоидно-дисперсионная фаза возникает из молекулярной [21, 22].

Одним из широко распространенных методов получения искусственных аэрозолей является использование перегретой жидкости в соответствующих устройствах - аэрозольных баллонах (аэрозольных упаковках).

Первые аэрозольные упаковки появились в 30-х годах в Европе, когда в Норвегии начали упаковывать краски в смеси с пропаном и бутаном в баллончики под давлением. В 1969 г. на Опытном заводе ХНИХФИ был выпущен первый в СССР аэрозольный ингаляционный препарат «Ингалипт», предназначенный для лечения острых и хронических заболеваний полости рта и носоглотки [23, 24].

Аэрозольная упаковка и её преимущества

1. Перевод веществ в мелкодисперсное состояние происходит за счет потенциальной энергии сжиженного пропеллента и не требует каких-либо посторонних устройств.
2. Для создания аэрозолей не нужны какие-либо насадки.
3. В единицу времени можно диспергировать значительное количество вещества с получением частиц заданного размера; в случае применения других способов потребовалось бы гораздо больше энергии.
4. Стабильный режим образования аэрозолей: размер получаемых частиц, дальность их полета, угол в вершине конуса в течение всего времени эксплуатации мало изменяются.
5. Возможность заранее фиксировать дозировку распыляемого вещества, размер частиц.
6. Степень полидисперсности аэрозоля невелика и все частицы имеют одинаковый химический состав.
7. Обеспечивается стерильность распыляемых препаратов.
8. Вещества в упаковке не соприкасаются с кислородом воздуха, что обеспечивает его стабильность.
9. Автоматически закрывающийся клапан исключает потери за счет проливания или испарения неиспользованной части продукта.
10. Упаковка компактна, постоянно готова к работе, дает возможность индивидуального или коллективного использования.

Принцип действия аэрозольного баллона состоит в том, что помещенный в упаковку препарат смешивается с эвакуирующей жидкостью (пропеллентом), давление насыщенного пара которой выше атмосферного.

Выброс смеси из баллона происходит под действием давления насыщенного пара, находящегося над жидкостью. Известно [23, 24], что давление насыщенного пара любого стабильного вещества определяется только температурой и не зависит от объема. Поэтому в течение всего времени работы баллона давление в нем будет оставаться постоянным, следовательно,

постоянной будет оставаться дальность полета частиц и угол конуса распыления.

Общая схема устройства аэрозольной упаковки и ее составные части представлены на рисунках 6 и 7.

На рис. 6 показана общая схема аэрозольной упаковки, которая состоит из металлического (алюминиевого или жестяного), пластмассового или стеклянного баллона (контейнера), клапанного устройства 2 с распылительной головкой 3 и сифонной трубкой 4. Сверху на распылительную головку обычно надевается защитный колпачок, который предохраняет ее от случайного нажима. [21, 24]

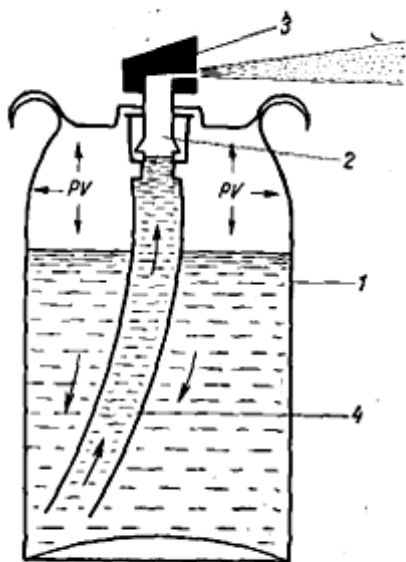


Рис. 6

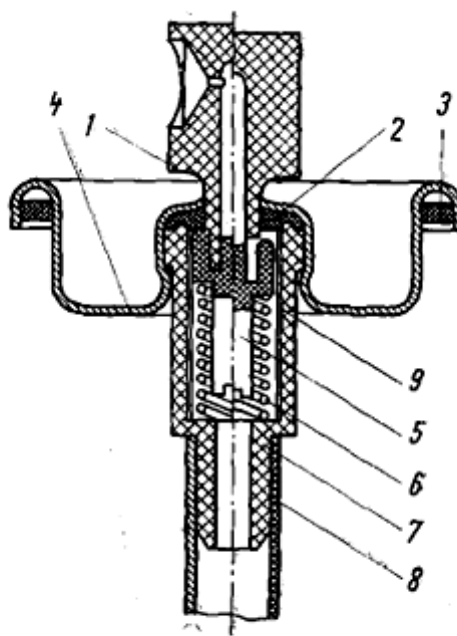


Рис. 7

На рис. 7 представлена общая схема стандартного клапанного устройства. При нажатии головки шток 5 перемещается вниз, образуя затвор между кольцевым выступом 9 и ниппелем 2. Смесь под давлением по сифонной трубке 8, надетой на капроновый карман 7, через кольцевой паз и зазор поступает в головку. Пружина 6 служит для возвращения головки в первоначальное положение. Корпус клапана 4 герметически крепится к баллону

с помощью резиновой прокладки 3. При выходе продукта из сопла происходит его механическое распыление. [21,24]

Различные конструкций клапанных устройств классифицируют по трем признакам:

1. По принципу действия:

- пружинные (одноразовые и многократные; непрерывные и дозирующие), действующие при нажатии на распылительную головку вертикально вниз;
- качательные беспружинные, действующие при нажатии на распылительную головку сбоку;
- клапаны с винтовым вентилем.

2. По способу крепления на баллоне:

- закрепляющиеся в стандартном отверстии баллона путем разжима вертикальных стенок корпуса клапана под бортик горловины баллона специальным цанговым устройством (для металлических баллонов);
- закрепляющиеся на горловине баллона путем завальцовки корпуса клапана или капсулы на специальных стенках (для стеклянных и пластмассовых баллонов);
- клапаны, навинчивающиеся на горловину сосуда (для крупных баллонов многократного использования).

3. По назначению:

- стандартные для жидких продуктов;
- для пен;
- для вязких продуктов;
- для порошков и суспензий;
- клапаны специального назначения;
- дозирующие клапаны.

Для клапанных устройств, в частности, фармацевтической промышленностью выпускаются различные распылители и насадки (рис. 8), которые подразделяют на: распылители для ингаляций 1, для лечения бронхиальной астмы 2, для суспензионных 3 и пленкообразующих 4 аэрозолей;

насадки — стоматологические, ректальные, вагинальные 5 и др. [23,24]

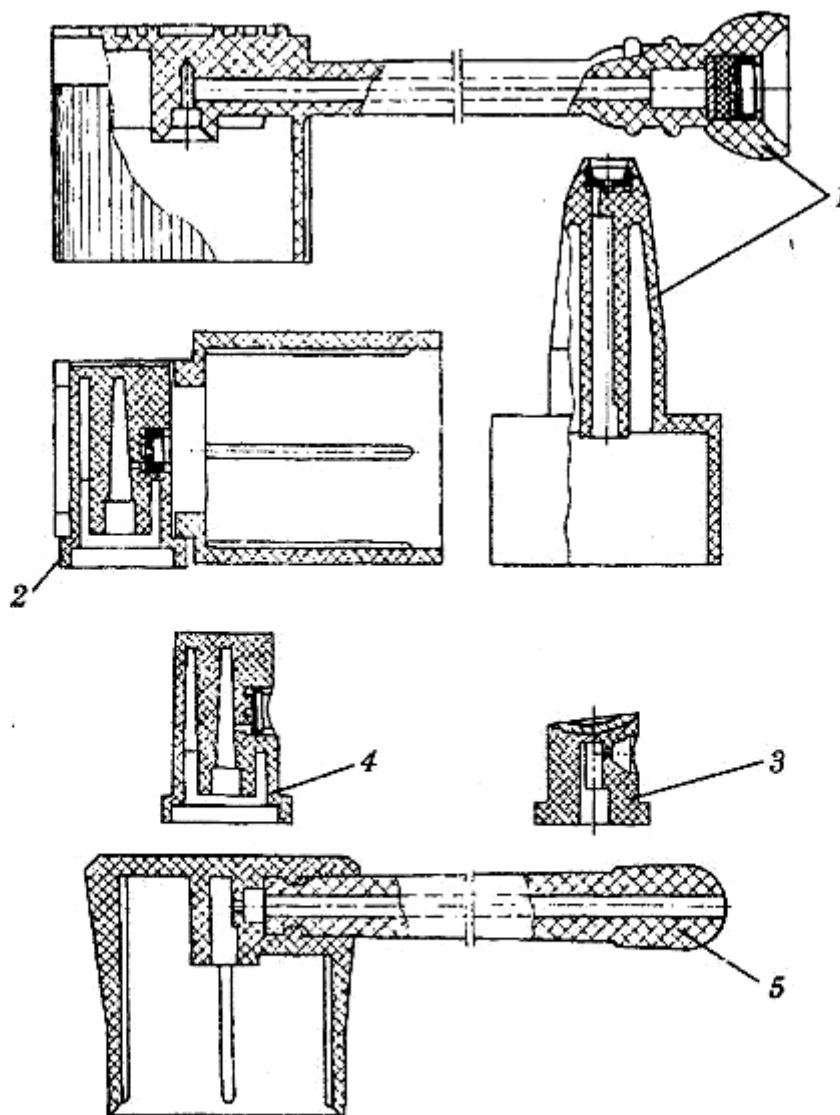


Рис. 8. Распылители и насадки [23,24]

Ко всем элементам аэрозольной упаковки предъявляются достаточно жесткие требования, т.к. они должны выдерживать давление 5-6 атм. Рабочее давление в баллоне 2-3 атм.

Наиболее распространенным материалом для изготовления аэрозольных баллонов является металл: белая и черная жечь, а также алюминий. Металлические баллоны могут состоять из трех, двух и одной детали (моноблок).

Трехдетальный баллон из белой жести появился одним из первых и в настоящее время наиболее распространен. Подобный баллон изготавливается по следующей схеме. На листы жести наносится лакокрасочное покрытие, затем лист на специальном станке скручивается в цилиндр необходимого диаметра и сваривается по шву. Дно и крышка изготавливаются отдельно (штамповкой) и прикатываются (привальцовываются) к корпусу, образуя двойной шов, состоящий из пяти слоев жести.

На современном этапе развития производства баллонов для аэрозольной упаковки появились моноблочные баллоны из алюминия. Благодаря отсутствию швов, они отличаются высокой степенью герметичности и прочности. Цилиндрические корпуса таких баллонов изготавливают из плоской заготовки с помощью мощных прессов ударного выдавливания.

Распространению алюминиевых баллонов способствовали: простая технология изготовления, возможность придания им различной формы и наружного оформления, в том числе возможность анодирования.

Аэрозольные упаковки удобны в применении, обеспечивают быстрый эффект при малых затратах веществ. Герметичность аэрозольной упаковки гарантирует защиту содержимого от высыхания, действия влаги, загрязнения микроорганизмами.

В зависимости от характера взаимодействия распыляемого вещества с эвакуирующей жидкостью и его агрегатного состояния, системы в аэрозольной упаковке будут состоять из различного числа фаз. В случае взаимной растворимости компонентов образуется гомогенный жидкий раствор, в других случаях — эмульсия или суспензия. Очевидно, что в первом случае в аэрозольной упаковке находится двухфазная система — жидкость и насыщенный пар. При выпуске в атмосферу эмульсии или суспензии происходит дробление только дисперсионной среды — получаемые частицы в лучшем случае будут иметь размеры, которые они имели в жидкой фазе.

В процессе диспергирования веществ с помощью перегретой жидкости могут быть получены высокодисперсные аэрозоли с частицами, размеры которых обычно характерны для конденсационных аэрозолей.

Размер частиц, получаемых при помощи аэрозольных баллонов, зависит от физико-химических свойств веществ, входящих в состав препарата, соотношения компонентов, конструктивных особенностей баллона и температурных условий его эксплуатации.

Степень дисперсности можно регулировать: варьируя размеры выходного отверстия; изменяя давление насыщенного пара эвакуирующей жидкости или меняя количественное соотношение препарата и эвакуирующего агента.

Размеры распыляемых частиц зависят от количества пропеллента в содержимом баллона, температуры кипения пропеллента, летучести растворителя, температуры окружающей среды, вязкости продукта, конструкции клапана и т. д. К примеру, составы, содержащие от 50 до 60 вес.% пропеллента, употребляются для распыления жидкостей, предназначенных для нанесения на поверхности. В то же время аэрозоли, содержащие от 70 до 90 вес.% пропеллента, используются для распыления жидкостей с целью образования облака из мельчайших капель, которые способны довольно долго удерживаться в воздухе.

Пропелленты (эвакуирующие жидкости)

Важнейшим вспомогательным компонентом искусственного аэрозоля в баллончике является пропеллент – газообразующий компонент аэрозоля, на потенциальной энергии которого основан принцип вытеснения содержимого баллона и его диспергирования.

Пропелленты классифицируют по величине давления насыщенных паров, по агрегатному состоянию при нормальных условиях и по химической природе.

В зависимости от давления насыщенных паров их делят на две группы: основные, способные создавать самостоятельно давление не менее 2 атм., и вспомогательные — создающие давление менее 1 атм.

По агрегатному состоянию пропелленты подразделяются на три группы:

1. Сжиженные газы (фторорганические соединения (хладоны или фреоны), углеводороды пропанового ряда (пропан, бутан, изобутан), хлорированные углеводороды (винил- и метилхлорид и др.);

2. Сжатые (трудносжижаемые) газы (азот, закись азота, двуокись углерода);

3. Легколетучие органические растворители (метиленхлорид, этиленхлорид и др.).

В производстве искусственных аэрозолей чаще всего применяются сжиженные газы — хладоны-11, -12, -114. Это газообразные или жидкие вещества, хорошо растворимые в органических растворителях и многих маслах, практически нерастворимые в воде, негорючие, не образующие взрывоопасных смесей с воздухом и относительно химически инертные. Наиболее распространенными в большинстве стран мира считаются фреон-11 (CCl_3F) и фреон-12 (CCl_2F_2), применяющиеся как хладагенты в холодильниках.

В связи с продолжающейся дискуссией о вредном влиянии фторуглеводородных пропеллентов в аэрозольных упаковках на окружающую среду и возможным запрещением этих пропеллентов ведутся интенсивные разработки альтернативных упаковок. Работы направлены на создание безвредных агентов-вытеснителей (пропеллентов), разработку новых методов распыления, совершенствование существующих конструкций аэрозольных упаковок и др. [4, 5, 21, 24].

В настоящее время определилось четыре таких направления:

- обычные аэрозольные упаковки с пропеллентами, коорые не содержат фтора: насыщенные парафиновые углеводороды метанового ряда (пропан, бутан, изобутан) и сжатые газы (азот, закись азота, двуокись углерода и др.);
- двухкамерные баллоны, в которых пропеллент отделен от продукта и не поступает в окружающую среду;
- упаковки с механическим распылителем насосного типа;
- сжимаемые полимерные и другие баллоны.

Насыщенные парафиновые углеводороды по сравнению с хладафонами

стабильны в водных средах и легче воды, поэтому их выгодно применять для распыления препаратов на водной основе. Благодаря небольшой плотности пропана и бутана для заполнения аэрозольного баллона их требуется значительно меньше, чем хладона. Однако горючесть этих сжиженных газов не позволяет им соперничать в препаратах на основе органических растворителей.

Сжатые газы отличаются от сжиженных не только агрегатным состоянием, но и свойствами. Давление сжатых газов значительно меньше зависит от температуры. Однако давление в баллоне по мере расходования продуктов падает, что может привести к неполному израсходованию содержимого. Сжатые газы обычно практически нерастворимы или отличаются весьма ограниченной растворимостью. Поэтому в последние годы проводятся исследования в области повышения их растворимости.

Пропелленты этой группы не горючи, дешевы, не оказывают агрессивного влияния на металлические и полимерные материалы.

В настоящее время насчитывается более 300 видов товаров в виде искусственных аэрозолей, в том числе, средства бытовой химии: (инсектициды — препараты для уничтожения насекомых, средства против моли, инсектициды для обработки домашних животных, средства защиты комнатных растений и плодово-ягодных культур от грибковых болезней и вредителей, лаки и краски, освежители воздуха, полирующие и чистящие составы); парфюмерно-косметические средства: (средства ухода за волосами (лаки, шампуни и др.), пены и гели для бритья, кремы для рук и ног, масло для и от загара, дезодоранты, духи, одеколоны, туалетная вода); технические аэрозоли: (смазочные масла, антикоррозионные покрытия, защитные пленки, сухие смазки, эмульсии для охлаждения резцов на сверлильных станках); медицинские аэрозоли; пищевые аэрозоли [1, 3, 4, 23-26].

Пищевые аэрозоли

Первые баллоны с пищевыми продуктами появились в 1947 г. в США. Они содержали кремы для отделки тортов и пирожных и применялись только в

ресторанах, которые возвращали их для повторного заполнения. Массовое производство этого вида аэрозольных упаковок началось с 1958 г. [4].

Аэрозольные упаковки пищевых продуктов можно разделить на три основных группы:

- упаковки, требующие хранения при низкой температуре;
- упаковки с последующей тепловой обработкой;
- упаковки без последующей тепловой обработки.

В аэрозольных упаковках выпускаются такие пищевые продукты, как кремы, жидкости, пасты, приправы для салатов, плавленый сыр, соки, корица, майонез, 30% -е взбитые сливки и др.

К преимуществам аэрозольной упаковки пищевых продуктов перед обычными видами тары относят: удобство использования; отсутствие утечки и стерильность продуктов; продукты упаковываются в состоянии, подготовленном к употреблению, и выдаются из упаковки в готовом виде.

В качестве пропеллентов используют диоксид углерода, закись азота, азот, аргон и фреон С318. Сжатые газы в пищевых аэрозолях имеют весьма ограниченную растворимость в водных растворах и не могут участвовать в образовании пены, что необходимо для взбитых сливок, декоративных кремов, муссов и т. п. С этими продуктами предпочтительнее использовать фреон С318, хотя он значительно дороже. Применение фреонов имеет еще одно преимущество: сжиженные газы вводятся в рецептуры продуктов, которые выделяются в виде пены, в количестве не более 10% веса, при этом они занимают сравнительно небольшой объем. Это позволяет загрузить в баллон значительно больше продуктов — 90% емкости баллона (в упаковках со сжатым газом лишь 50%) и гарантирует полную выдачу продукта из упаковки.

В табл. 6 приведены рецептуры некоторых пищевых аэрозолей.

Таблица 6 [4,5]

Примеры рецептур различных пищевых аэрозолей

Ингредиенты, входящие в состав аэрозолей	Количество, % массы
1. Сбитый крем для закусочных бутербродов	
Творог со сливками	50-60
Микрокристаллическая целлюлоза	25-30
Растительное масло и ароматические добавки	6-10
Фреон С318	7
2. Сахарная глазурь для отделки кондитерских изделий	
Сахар	55-60
Вода	15-25
Растительное масло	
твердое	9-14
Жидкое	3-5
Соль поваренная	0,1-0,3
Микрокристаллическая целлюлоза	1,0
Отдушки	1-4
Эмульгаторы	0,5-1
Фреон С318	7
3. Мусс	
Мед или фруктовый сироп	78-83
Вода	7-9
Растительное масло (твердое)	3-5
Микрокристаллическая целлюлоза	1-2
Моноглицериды	0,5-1
Полиэфиры сорбита	0,05-1
Фреон С318	7
4. Декоративный соус в виде пены	
Горчица (тонко измельченный порошок)	0,94
Лимонный сок	4,72

Уксус	9,44
Вода	34
Полисорбат 80	0,5
Эмульгирующая смесь	2,25
Микрокристаллическая целлюлоза	2,5
Добавки — стабилизаторы пены	4,59
Фреон С318 + закись азота (Р=8 атм)	7
5. Масляно-уксусная заправка в виде пены	
Вода	11,80
Соль	1,96
Сахар	1,47
Винный уксус	22,81
Оливковое масло	61,75
Полисорбат 80	0,10
Чесночное масло	0,12
Масло черного перца	0,10
Фреон С318	10,0
6. Заправка для жареных кукурузных зерен	
Соль (экстра)	10,00
Растительное масло	58,97
Прочие добавки из масел	0,03
Краситель	1,00
Фреон-С318	10,00

В настоящее время наблюдается рост производства пищевых аэрозолей, что обусловлено усовершенствованием технологии заполнения и использованием новых пропеллентов.

Наиболее значимым применением аэрозолей можно считать их использование в медицине. В медицине аэрозоли применяют для ингаляционной и наружной химиотерапии, дезинфекции и дезинсекции, аэрозольной вакцинации [25, 27 – 30].

Лекарственные аэрозоли подразделяются на фармацевтические и медицинские.

Медицинские аэрозоли

Медицинские аэрозоли – аэрозоли одного или нескольких лекарственных препаратов в виде твердых или жидких частиц, полученные с помощью специальных стационарных установок и предназначенные, главным образом, для ингаляционного введения. Лекарственные средства в форме аэрозолей отличаются повышенной фармакологической активностью за счет резкого увеличения активной поверхности. Так, 1 мл жидкости, превращенной в аэрозоль, образует 15 000 000 мельчайших капель с суммарной площадью поверхности 1,2 м².

Ингаляционные аэрозольные препараты, имея размер аэрозольных частиц 0,5 - 10 мкм и контактируя с патологическими объектами, терапевтически эффективны при значительно меньших дозах, чем при использовании этих же медикаментов в других лекарственных формах. При ингаляционной аэрозольтерапии существенное значение имеет воздействие вдыхаемых веществ на рецепторы обонятельного нерва. Известно [28], что приятные для человека запахи действуют успокаивающе на нервную систему, снижают артериальное давление и улучшают самочувствие пациентов.

Фармацевтические аэрозоли

Фармацевтические аэрозоли – готовые лекарственные формы, состоящие из баллона, клапанно-распылительной системы и содержимого различной консистенции, способного с помощью пропеллента выводиться из баллона. В состав аэрозоля входят лекарственные, вспомогательные вещества и один или несколько пропеллентов. С фармацевтической точки зрения «Аэрозоль» представляет собой форму выпуска готового лекарственного средства, если одно или несколько лекарственных веществ в растворенном, суспендированном или эмульгированном состоянии помещается в вытесняющем газе, в

специальном баллоне, закрытом клапано-распыляющим устройством [29, 30].

Для аэрозольных суспензий размер частиц не должен превышать 40—50 мкм, а для ингаляционных аэрозолей наилучший эффект получен при величине частиц 5—10 мкм. При этом концентрация суспензии порошка не должна превышать более 10 % и порошок не должен быть гидрофобным, так как с течением времени его частицы будут увеличиваться в размерах.

По назначению фармацевтические аэрозоли классифицируют на ингаляционные, отоларингологические, дерматологические, стоматологические, проктологические, гинекологические, офтальмологические, специального назначения (диагностические, перевязочные, кровоостанавливающие и т.д.).

Использование лекарственных веществ в форме аэрозолей удобно в тех случаях, когда необходимо воздействие препарата на большие поверхности (острые заболеваний дыхательных путей, ожоги и т. п.). Эффективны аэрозольные лекарственные формы, содержащие в своем составе жидкие пленкообразующие вещества. При распылении такого препарата он покрывает пораженный участок тонкой, прозрачной пленкой, которая заменяет повязку.

Применение аэрозольного баллона рентабельно для индивидуального использования, а также в целях дезинфекции, когда в небольших помещениях необходимо создать сравнительно длительно не осаждающиеся аэрозоли, или же для равномерного покрытия ограниченных по площади поверхностей тонким слоем препарата. Кроме того, аэрозольные баллоны можно использовать в любых условиях, что дает возможность привлекать население к участию в противоэпидемических мероприятиях.

ГЛАВА 2

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОЗОЛЕЙ

Свойства аэрозолей определяются [1 – 4, 7, 8, 31]:

- природой веществ дисперсной фазы и дисперсионной среды;
- частичной и массовой концентрацией аэрозоля;
- размером частиц и распределением частиц по размерам;
- формой первичных (неагрегированных) частиц;
- структурой аэрозоля;
- зарядом частиц.

Для характеристики концентрации аэрозолей, как и других дисперсных систем, используются массовая концентрация и численная (частичная) концентрация.

Массовая концентрация — масса всех взвешенных частиц в единице объема газа.

Численная концентрация — число частиц в единице объема аэрозоля. Как бы ни велика была численная концентрация в момент образования аэрозоля, уже через несколько секунд она не может превышать 10^3 частиц/см³.

2.1. Молекулярно-кинетические, электрические и оптические свойства аэрозолей

Особенности молекулярно-кинетических свойств аэрозолей обусловлены:

- малой концентрацией частиц дисперсной фазы — так, если в 1 см³ гидрозоля золота содержится 10^{16} частиц, то в таком же объеме аэрозоля золота менее 10^7 частиц;
- малой вязкостью дисперсионной среды — воздуха, следовательно, малым коэффициентом трения, возникающего при движении частиц;
- малой плотностью дисперсионной среды ($\rho_{\text{част}} \gg \rho_{\text{газа}}$).

Все это приводит к тому, что движение частиц в аэрозолях происходит значительно интенсивнее, чем в лиозолях.

Броуновское движение частиц в аэрозолях тем интенсивнее, чем меньший размер они имеют, и существенно лишь в случае наличия частиц меньше 10^{-6} м. Под действием броуновского движения частицы осаждаются на любых поверхностях, с которыми аэрозоли соприкасаются, под действием же седиментации – лишь на обращенных кверху поверхностях. И на них всегда гораздо больше пыли, чем на вертикальных стенках.

Коагуляция аэрозолей происходит при столкновениях между частицами в результате броуновского движения, неодинаковой скорости седиментации частиц разной величины, нагоняющих друг друга, под влиянием электрических сил и др. При столкновениях твердые частицы слипаются, а жидкие сливаются, и число «свободных» частиц уменьшается. Скорость коагуляции, т.е. уменьшение числа частиц в единицу времени, пропорциональна квадрату их концентрации.

В отличие от остальных дисперсных систем в аэрозолях отсутствует всякое взаимодействие между поверхностью частиц и газовой средой, а значит, отсутствуют силы, препятствующие сцеплению частиц между собой и с макроскопическими телами при соударении. Таким образом, аэрозоли являются агрегативно неустойчивыми системами. Коагуляция в них происходит по типу быстрой коагуляции, т. е. каждое столкновение частиц приводит к их слипанию.

Скорость коагуляции быстро возрастает с увеличением численной концентрации аэрозоля.

Независимо от начальной концентрации аэрозоля через несколько минут в 1 см^3 находится 10^8 - 10^6 частиц (для сравнения — в лиозолях $\sim 10^{15}$ частиц). Таким образом, аэрозоли - это очень разбавленные системы (табл. 7).

Зависимость скорости коагуляции от увеличения численной концентрации аэрозоля

Начальная численная концентрация в 1 см^3	Время, необходимое для уменьшения концентрации аэрозоля в 2 раза
10^{12}	Доли секунды
10^{10}	15-30 с
10^8	30 мин
10^6	Несколько суток

Если радиус частиц аэрозоля $r > 1 \text{ мкм}$, то $i_{\text{сед}} \gg i_{\text{диф}}$, т. е. диффузия незначительна, протекает быстрая седиментация и частицы оседают на дно сосуда.

Если $r < 0,01 \text{ мкм}$, то $i_{\text{сед}} \ll i_{\text{диф}}$. седиментация незначительна, протекает интенсивная диффузия, в результате которой частицы достигают стенок сосуда и прилипают к ним. Если же частицы сталкиваются между собой, то они слипаются, что приводит к их укрупнению и уменьшению концентрации.

Таким образом, из аэрозоля быстро исчезают как очень мелкие, так и очень крупные частицы: первые вследствие прилипания к стенкам или слипания, вторые — в результате оседания на дно. Частицы промежуточных размеров обладают максимальной устойчивостью. Поэтому, как бы ни велика была численная концентрация частиц в момент образования аэрозоля, уже через несколько секунд она не превышает 10^3 част/см^3 .

Размер 10^{-8} м характеризует частицы более стабильные, для них коагуляция при атмосферных условиях протекает достаточно медленно.

Частицы размером 10^{-7} м называют "большими" (в контексте атмосферных аэрозолей). На такие аэрозоли одинаково слабое воздействие оказывают как броуновское движение, так и гравитационное осаждение. Частицы таких размеров характеризуются наибольшим временем жизни.

Интересно, что "большие" частицы трудно получить непосредственно как при измельчении твердого тела (обычно размеры частиц при самом тонком помоле больше), так и при конденсации из газовой фазы (где, размер образующихся частиц меньше).

Скорость падения под действием силы тяжести частиц размером 10^{-6} м (1 мкм) ("хвост" фракции "гигантских" частиц в атмосфере) приблизительно равна 0,2 мм/с, но даже такое медленное осаждение за 1 сутки представляет собой уже 20 м. Скорость оседания возрастает пропорционально квадрату радиуса частицы для частиц таких размеров. Такие частицы легко наблюдать на поверхности при небольшом увеличении.

10^{-5} м (10 мкм) - это приблизительный размер ядер облака атмосферных аэрозолей. Скорость падения этих частиц плотности 2 г/см^3 при нормальных условиях составляет величину 2 см/с, поэтому в течение нескольких минут в стандартной комнате большинство таких частиц оседает. Частицы таких размеров можно увидеть невооруженным глазом на контрастной поверхности, а их размеры могут быть определены обычным оптическим микроскопом.

Размер капель измороси - 10^{-4} м (100 мкм) определяет скорость их оседания 1 м/с. В хорошую погоду частицы таких размеров в атмосфере отсутствуют или очень редки, за исключением пыльных бурь и других подобных антропогенных или природных явлений. Частицы таких размеров характерны для морских аэрозолей, но быстро оседают и практически не наблюдаются далеко от источника образования.

10^{-3} м (1 мм) - типичный размер дождевых капель. В атмосфере в год образуется приблизительно $4 \cdot 10^{22}$ дождевых капель, что составляет 10^4 капель на 1 см^2 поверхности Земли. В среднем дожде, однако, их объемная концентрация невелика - 10^{-5} см^3 (или 10 капель на 1 кубический метр воздуха). В нижних слоях атмосферы средняя концентрация меньше на два порядка.

Падающие капли дождя, имея размеры 10^{-2} м (1 см) из-за гидродинамических эффектов разбиваются до диаметра 0,5 см, и поэтому

жидких аэрозолей такого размера не наблюдается. Однако, град и снежинки (твердые гидрометеориты) могут достигать таких размеров.

Электрические свойства частиц аэрозоля значительно отличаются от электрических свойств частиц в лиозоле [2, 4, 8 – 12], в частности:

1. На частицах аэрозоля не возникает двойной электрический слой, так как из-за низкой диэлектрической проницаемости газовой среды в ней практически не происходит электролитическая диссоциация.

2. Заряд на частицах возникает, главным образом, за счет неизбирательной адсорбции ионов, которые образуются в газовой фазе в результате ионизации газа космическими, ультрафиолетовыми или радиоактивными лучами.

3. Заряд частиц носит случайный характер, и для частиц одной природы и одинакового размера может быть различным как по величине, так и по знаку.

4. Заряд частицы изменяется во времени как по величине, так и по знаку.

5. В отсутствие специфической адсорбции заряды частиц очень малы и обычно превышают элементарный электрический заряд не более чем в 10 раз.

6. Специфическая адсорбция характерна для аэрозолей, частицы которых образованы сильно полярным веществом, так как в этом случае на межфазной поверхности возникает достаточно большой скачок потенциала, обусловленный поверхностной ориентацией молекул. Например, на межфазной поверхности аэрозолей воды или снега существует положительный электрический потенциал порядка 250 мВ.

Частицы диспергационных аэрозолей имеют довольно большие электрические заряды, как положительные, так и отрицательные. В конденсационных аэрозолях, образовавшихся при очень высокой температуре, частицы не заряжены, но постепенно приобретают небольшие заряды, захватывая легкие ионы, всегда присутствующие в газах.

Из практики известно, что частицы аэрозолей металлов и их оксидов обычно несут отрицательный заряд (Zn , ZnO , MgO , Fe_2O_3), а частицы аэрозолей неметаллов и их оксидов (SiO_2 , P_2O_5) заряжены положительно. Положительно

заряжены частицы поваренной соли, крахмала, а частицы муки несут отрицательные заряды [4].

Для аэрозолей характерны явления термофореза, термопреципитации, фотофореза.

Термофорез – это самопроизвольное удаление частиц аэрозоля от источника тепла. Термофорез обусловлен тем, что молекулы воздуха перед частицей прогреваются сильнее и с большей силой ударяют о частицу, чем молекулы воздуха за ней. Термофорез сопровождается термопреципитацией – осаждением частиц на холодных участках неравномерно нагретого тела.

Фотофорез – самопроизвольное перемещение частиц аэрозоля от источника света (положительный фотофорез) или к источнику света (отрицательный фотофорез). Вид фотофореза зависит от величины, формы и прозрачности частицы. Причина фотофореза аналогична причине термофореза. В частности, термофорез и фотофорез наряду с ветром регулируют движение облаков.

Оптические свойства аэрозолей сходны со свойствами лиозолей, однако рассеяние света ими выражено значительно сильнее из-за больших различий показателей преломления дисперсной фазы и дисперсионной среды [2, 4, 8, 12, 19].

Оптические свойства являются наиболее важными характеристиками аэрозолей. Они определяют результат взаимодействия светового излучения и аэрозольных частиц. При падении светового потока (например, луча лазера, фонарика или солнечного излучения) на аэрозольную систему происходит два процесса – поглощение и рассеяние излучения. Поглощение излучения – это процесс перехода части энергии излучения на нагрев частиц. Этот процесс происходит только в непрозрачных частицах. Рассеяние излучения – это процесс перераспределения падающего излучения по всем направлениям при взаимодействии света с частицей. Рассеивают свет любые аэрозольные частицы.

Характеристики поглощения и рассеяния зависят как от свойств излучателя (спектральный состав излучения), так и от параметров частиц (их

размера, формы, оптических свойств). Цвет предмета определяется избирательным характером рассеяния и поглощения. Например, лист дерева мы видим зеленым, так как он поглощает красный цвет более интенсивно, чем зеленый. Черный цвет дыма при сжигании автомобильных покрышек обусловлен тем, что дымовые частицы эффективно поглощают видимые лучи всех длин волн. Белый цвет пара вызван интенсивным рассеянием его частицами всех видимых длин волн.

При пропускании светового пучка через аэрозоль (например, лучей прожектора через атмосферу ночью или солнечных лучей через щель в затемненную комнату) наблюдается светящийся конус Тиндаля, тем более яркий, чем выше концентрация и размер частиц. Конус Тиндаля особенно ярок в аэрозолях вследствие большой разницы в показателях преломления воздуха и дисперсной фазы.

Отдельные рассеивающие свет частицы удобно наблюдать с помощью ультрамикроскопа, однако рассеяние света быстро уменьшается с уменьшением размера частиц и таким образом можно видеть только частицы больше $0,1 \text{ мкм}$ ($1 \cdot 10^{-7} \text{ м}$). Тонкие аэрозоли рассеивают преимущественно короткие световые волны и кажутся, поэтому голубоватыми, например дым, выходящий из горящего конца сигарет.

Испарение частиц наблюдается в аэрозолях из летучих веществ, например, при «таянии» облаков.

Седиментация, броуновское движение, коагуляция и испарение частиц приводят к разрушению естественных аэрозолей, однако обычно одновременно происходит образование новых частиц диспергационным или конденсационным способами.

Разрушение искусственных аэрозолей производят с целью улавливания ценных продуктов или вредных примесей из промышленного дыма, а также для разрушения градовых облаков и туманов. С этой целью используются аппараты, построенные на различных принципах: изменение скорости и направления потока аэрозоля (циклоны, мультициклоны, ротационные

уловители); действие электрического поля (электрофильтры); фильтрация (сетчатые фильтры, волокнистые фильтры, ткань Петрянова); действие ультразвука; поглощении частиц аэрозоля водой (кондиционеры, скрубберы) и т.д. [4, 5, 9, 10, 26].

2.2. Методы исследования аэрозолей

Из методов исследования аэрозолей используют микроскопию, ультрамикроскопию, в том числе поточную ультрамикроскопию, которые позволяют определять концентрацию и осуществлять дисперсионный анализ частиц. Электронная микроскопия используется для анализа формы, структуры, размеров частиц высокодисперсных аэрозолей, которые не могут быть исследованы при световой микроскопии.

Наиболее важным в гигиенической практике является гравиметрический метод определения весовой концентрации частиц с помощью осаждения их на фильтрах путем просасывания запыленного воздуха с последующим взвешиванием и химическим анализом дисперсной фазы для установления содержания в ней свободного и связанного оксида кремния (IV) (минеральной пыли), ядовитых веществ и др.

Счетные (конметрические) методы (число частиц в единице объема воздуха) не дают представления о массе вещества, действующего на организм при вдыхании аэрозоля, и поэтому не получили широкого распространения.

Гравиметрия, химический анализ и определение дисперсности частиц по массе фракций позволяет дать достаточно полную оценку с точки зрения вредного воздействия аэрозолей на здоровье людей. Сочетание этих методов применяется в целях санитарного контроля воздуха, рабочих помещений и атмосферы населенных пунктов.

Для гигиенической характеристики аэрозолей, кроме того, применяют определение растворимости частиц аэрозоля в биологических средах

(сыворотка крови, желудочный сок, вода и др.), электрического заряда частиц, удельной поверхности частиц [1 – 5, 13, 19, 20].

ГЛАВА 3

АЭРОЗОЛЬТЕРАПИЯ

Аэрозольтерапия (от «аер» (греч.) – воздух, «therapeia» (греч.) – лечение) – метод физиотерапии, который заключается во введении биологически активных веществ в виде аэрозолей в дыхательные пути больного, в различные полости организма или нанесении их на пораженные участки поверхности тела [28, 32 – 41].

Аэрозольтерапия – физиотерапевтический метод, основанный на использовании с лечебно-профилактическими и реабилитационными целями аэрозолей лекарственных веществ (медицинских аэрозолей). Наиболее часто их применяют ингаляционным путем (путем вдыхания), поэтому аэрозольтерапию часто отождествляют с ингаляционной терапией.

Вдыхание аэрозолей – один из древнейших методов лечения. Народная медицина широко использовала аэрозоли (в виде паров разнообразных бальзамических веществ и ароматических растений, а также дыма при их сжигании – так называемые курения, окуривания) для лечения многих заболеваний. Так, окуривание серой против миазмов и заразы упоминается еще у Гомера. Гиппократ окуривание и вдыхание горячих водяных паров рекомендовал для лечения заболеваний легких, а также предложил ряд рецептов для ингаляций. Цельс при язвах глотки советовал вдыхать горячие пары настоев трав, а Плиниус – как отхаркивающее средство дым от сосновых игл. Гален при легочной чахотке, при язвах глотки и гортани, для лечения заболеваний легких рекомендовал пребывание на морском берегу или вблизи сернистых вулканов. Из твердых летучих веществ, которые широко использовались в аэрозольной форме, можно выделить нюхательные соли, популярные еще с первой половины XIX века. Основу нюхательных солей составлял аммония карбонат, легко разлагающийся на аммиак и угольную кислоту. Аммония карбонат пропитывался душистыми веществами, иногда увлажнялся

нашатырным спиртом и выпускался в герметически закрытых склянках. Также летучими жидкими лекарственными веществами пропитывалась вата или другой материал с большой поверхностью. Препараты, изготовленные таким образом, отпускались в виде «нюхательных ват» [40, 41].

Применение искусственных аэрозолей в медицине началось в середине XIX в., когда во врачебную практику был введен эфирный наркоз. Активное изучение и применение лекарственных аэрозолей началось после изобретения аэрозольных устройств.

В 1908 г. Я.М. Копылов разработал ряд аппаратов и предложил рецептуру для ингаляции, рекомендовал вдыхание паров с медикаментами, дал классификацию наиболее употребляемых средств. В 1932 г. норвежский химик Э. Ротхейм получил патент на первый аэрозольный аппарат. Основы научно-практического изучения аэрозолей заложил Л. Дотребанд (1951), которые в дальнейшем были развиты в исследованиях М.Я. Полунова, С.И. Эйдельштейна, Ф.Г. Портнова и др. В настоящее время аэрозольная терапия заняла прочное место в комплексе лечебно-профилактических мероприятий современной медицины.

Аэрозольтерапия имеет очевидные преимущества перед другими методами лечения [4, 28, 34, 36, 40], что обусловлено рядом причин:

1) лекарственное вещество попадает в организм физиологическим путем во время дыхания;

2) аэрозоли лекарственных веществ имеют более высокую химическую и фармакологическую активность, чем обычные жидкие лекарства, вследствие возрастания суммарной поверхности дисперсной фазы при распылении;

3) лекарственные аэрозоли оказывают выраженное местное действие на слизистую оболочку дыхательных путей, что трудно достижимо при других способах лекарственной терапии;

4) лекарственное вещество в виде аэрозолей быстрее всасывается легкими, всасывающая поверхность которых ($100-120 \text{ м}^2$) во много десятков раз больше всей поверхности тела ($1-1,5 \text{ м}^2$);

5) аэрозоли лекарственных веществ, всасываясь через дыхательные пути, сразу попадают в лимфатическую систему легких (где частично депонируются), в кровь малого круга кровообращения, т.е. минуя печень и большой круг кровообращения, почти в неизменном виде оказывают фармакологическое действие;

6) ингаляционная аэрозольтерапия является также хорошей дыхательной гимнастикой, которая улучшает вентиляцию легких, устраняет застой крови в легких и нормализует работу сердца;

7) введение лекарств в организм этим способом безболезненно, что способствует широкому применению в гериатрии и педиатрии;

8) в форме аэрозолей можно использовать лекарственные препараты, употребление которых в какой-либо другой форме вызывает нежелательные реакции;

9) экономичность, т.к. при аэрозольтерапии, как правило, расходуется значительно меньше препарата, чем при инъекциях или приеме внутрь.

10) обеспечивается микробная чистота лекарственных препаратов в процессе всего времени использования;

11) лекарственные вещества защищены от вредного воздействия окружающей среды;

12) аэрозольная упаковка обеспечивает выход определенной дозы лекарственного препарата;

Различают естественную и искусственную аэрозольтерапию.

3.1. Естественная аэрозольтерапия.

Естественная аэрозольтерапия – вдыхание природного чистого воздуха, содержащего полезные примеси в виде ионов морской воды, лечебной минеральной воды, веществ (эфирных масел, фитонцидов), выделяемых растениями (хвойными, камфорным деревом, липой, лавром, различными травами и др.). Естественными аэрозолями являются воздух приморских курортов, отличающийся повышенным содержанием йода, брома и морских

солей, воздух других курортных местностей, содержащий примеси фитонцидов, терпенов и других ароматических веществ, выделяемых большими растительными массивами [40, 41].

Наиболее широко распространена аэрозольтерапия с применением искусственных аэрозолей.

3.2. Искусственная аэрозольтерапия.

Искусственная аэрозольтерапия может проводиться методом ингаляций.

Ингаляционная терапия (от лат. «inhalo» - «вдыхаю») - применение (преимущественно путем вдыхания) с лечебной и профилактической целями лекарственных веществ в виде аэрозолей или электроаэрозолей.

Выделяют пять групп аэрозолей, применяемых при аэрозольтерапии, по степени их дисперсности:

- высокодисперсные (0,5-5,0 мкм);
- среднедисперсные (5-25 мкм);
- низкодисперсные (25-100 мкм);
- мелкокапельные (100-250 мкм);
- крупнокапельные (250-400 мкм).

Проникающая способность и уровень действия лекарственных аэрозолей связаны со степенью их дисперсности (размером частиц). Аэрозоли величиной 0,5-1,0 мкм практически не оседают на слизистой оболочке дыхательных путей. Высокодисперсные частицы величиной 2-4 мкм свободно вдыхаются и оседают преимущественно на стенках альвеол и бронхиол. В связи с тем, что высокодисперсные лекарственные аэрозоли во время инспирации проникают до альвеол, они используются для лечения пневмоний и бронхиолитов. Среднедисперсные частицы оседают главным образом в бронхах I и II порядка, трахее, поэтому их применяют при заболеваниях бронхов. Низкодисперсные аэрозоли лекарственных веществ оседают в верхних отделах дыхательных путей: в трахее, гортани, носоглотке (табл. 8, рис. 9) и их назначают при заболеваниях ЛОР-органов [28, 34, 40 – 51].

Задержка частиц (%) в различных областях респираторного тракта
(по Г.Н. Пономаренко и др., 1998) [47]

Участок дыхательной системы	Дыхательный объем 450 см³					Дыхательный объем 1500 см³				
	Диаметр частиц, мкм									
	20	6	2	0,6	0,2	20	6	2	0,6	0,2
Ротовая полость	15	0	0	0	0	18	1	0	0	0
Глотка	8	0	0	0	0	10	1	0	0	0
Трахея	10	1	0	0	0	19	3	0	0	0
Бронхи	12	2	0	0	0	20	5	1		0
1-го порядка	19	4	1	0	0	21	12	2	0	0
2-го порядка	17	9	2	0	0	9	20	5	0	0
3-го порядка	6	7	2	1	1	1	10	3	0	1
4-го порядка									1	
Конечные бронхиолы	6	19	6	4	6	1	9	3	2	4
Альвеоляр- ные ходы	0	25	25	8	11	0	13	26	10	13
Альвеолы	0	5	0	0	0	0	18	17	6	7

Для осаждения аэрозолей в дыхательных путях имеет значение скорость их движения. Чем выше скорость, тем меньше аэрозольных частиц оседают в носоглотке и ротовой полости. Установлено [28, 34], что в среднем в организме задерживается 70 - 75% используемого лекарственного вещества.

Известны четыре пути использования аэрозолей в медицинской практике: внутрилегочное (интрапульмональное), транспульмональное, внелегочное (экстрапульмональное) и паралегочное (парапульмональное).

Внутрилегочное (интрапульмональное) введение лекарственных аэрозолей используется для воздействия их на слизистую оболочку дыхательных путей и мерцательный эпителий легких. Этот способ применяется при заболевании околоносовых пазух, глотки, гортани, бронхов и легких.

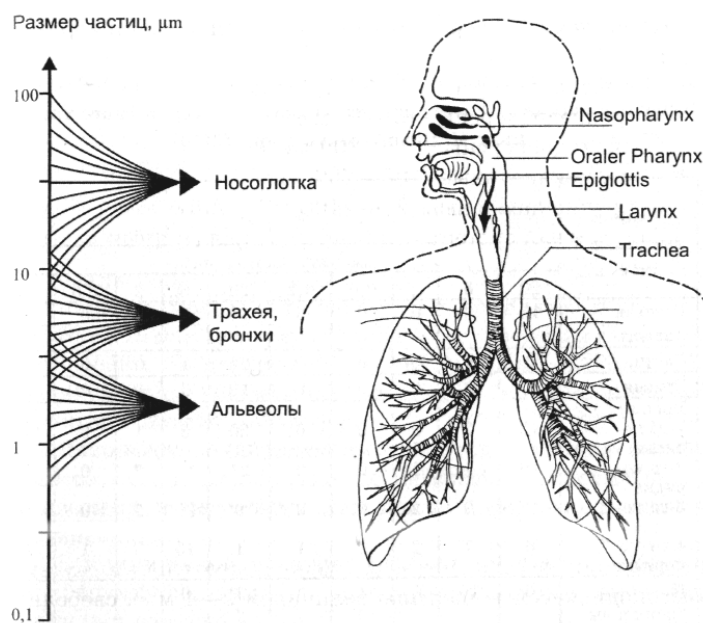


Рис. 9. Проникновение аэрозолей в различные отделы дыхательной системы в зависимости от размеров частиц [47].

Транспульмональное введение аэрозолей предполагает всасывание лекарственного вещества с поверхности слизистой оболочки дыхательных путей, особенно через альвеолы, для системного действия на организм. Скорость всасывания при этом пути уступает только внутривенному введению лекарственных средств. Транспульмональное применение аэрозолей преимущественно используется для введения кардиотонических средств, спазмолитиков, диуретиков, гормонов, антибиотиков, салицилатов и др.

Внелегочное (экстрапульмональное) введение аэрозолей заключается в применении их на поверхности кожи при ранах, ожогах, инфекционных и грибковых поражениях кожи и слизистых оболочек.

Паралегочное (парапульмональное) применение аэрозолей состоит в воздействии их на воздух и предметы, на животных и насекомых для проведения дезинфекции и дезинсекции.

В клинической практике наибольшее значение имеют интрапульмональные и транспульмональные методики введения аэрозолей.

3.3. Физиологическое и лечебное действие аэрозолей

Аэрозольтерапию рассматривают в основном как процедуру общего действия, которая осуществляется ингаляцией аэрозолей антибиотиков, гормонов, некоторых анальгетиков, ферментов, сывороток, вакцин, анатоксинов, витаминов, фитонцидов, растворов солей, настоев различных лекарственных трав и др.

В механизме и особенностях действия аэрозоль- и электроаэрозольтерапии, как методов лечебно-профилактического использования соответственно аэрозолей лекарственных веществ и лекарственных электроаэрозолей, наибольшее значение имеют следующие факторы: фармакотерапевтические свойства лекарственного вещества, электрический заряд, рН, температура и другие физико-химические параметры ингаляции.

Действие на организм преимущественно определяется применяемым лекарственным веществом, выбор которого диктуется характером патологического процесса и целью воздействия.

Лекарственные вещества, применяемые для аэрозольной терапии [28 – 33, 40] можно разделить на следующие основные группы (во всех группах дозы указаны для одной ингаляции):

- слизерастворяющие и слизеразжижающие вещества применяются в виде крупно- и среднedisперсных аэрозолей. Уменьшение вязкости слизи достигается с помощью веществ, обладающих муколитическим, протеолитическим действием или путем изменения концентрации минеральных солей на поверхности слизистых оболочек. К таким веществам относятся: 1-2 % раствор гидрокарбоната натрия (100 мл), питьевые минеральные воды (100 мл), трипсин (5 мг), химопсин (5 мг), бисольвон (1-2 мл), гепарин дезоксирибонуклеаза (2 мг), глицерин (5 г на 200 мл дистиллированной воды);

- вяжущие и слабopрижигающие вещества применяются, как правило, в виде крупнодисперсных аэрозолей. К этой группе относятся настои цветков

ромашки (6 г на 200 мл дистиллированной воды), настой листьев шалфея (6 г на 200 мл дистиллированной воды), 0,5 % раствор танина (10 мл);

- бактерицидные и бактериостатические вещества обычно применяются в виде мелкодисперсных аэрозолей. Практическую ценность имеют антибиотики аминогликозидового ряда, назначаемые для лечения острой пневмонии, абсцесса легких, деструктивного бронхита в дозе 40 мг на ингаляцию; процедуры проводятся три раза в день в течение 6-7 дней. В связи с тем, что стрептомицин и пенициллин часто вызывают аллергические реакции, их лучше не применять ингаляционным методом. С бактериостатической целью применяют и другие лекарственные вещества, например фурацилин (1 г на 5000 мл дистиллированной воды), интерферон и др.;

- местноанестезирующие средства применяются в виде крупно- и среднедисперсных аэрозолей перед исследованиями дыхательных путей инструментальными методами при выраженном кашлевом рефлексе, при ожогах дыхательных путей. Практическую ценность имеет применение 1-2 % раствора лидокаина (1-2 мл на процедуру). Использование новокаина для ингаляций не рекомендуется, в связи с его выраженным аллергизирующим действием;

- противоотечные и спазмолитические вещества применяются в виде средне- и мелкодисперсных аэрозолей. В повседневной практике широко используются: 0,1 % раствор атропина сульфата (1 мл), 0,1 % раствор адреналина гидрохлорида (0,5-1 мл), 2 % раствор эуфиллина (3-5 мл), 2 % раствор эфедрина гидрохлорида (3-5 мл), 1 % раствор димедрола (1 мл), гидрокортизон (25 мг). Данные препараты назначают отдельно или в комбинации друг с другом;

- защитные и обволакивающие вещества применяют в виде среднедисперсных аэрозолей. К этой группе относятся растительные масла (персиковое, оливковое, абрикосовое, розовое масла, а также масла шиповника и облепихи), аэрозоли которых тонким слоем покрывают слизистую оболочку дыхательных путей, предохраняя ее от высыхания; и оказывают противовоспалительное и бактериостатическое действие.

Ингаляции масляных аэрозолей. должны быть кратковременными (1-3 мин), так как излишнее количество масла будет оседать в мелких бронхах и закупоривать их просвет.

Чаще всего в медицинской практике используются щелочи или щелочные минеральные воды, масла (эвкалиптовое, персиковое, миндальное и др.), ментол, антибиотики, протеолитические ферменты, бронхолитики, глюкокортикоиды, фитонциды, витамины, отвары и настои лекарственных трав и др.

При ингаляциях аэрозоли оказывают свое действие, прежде всего, на слизистую оболочку дыхательных путей на всем их протяжении, на находящиеся здесь микроорганизмы, а также на мукоцилиарный клиренс. При этом наиболее выраженное их всасывание происходит в альвеолах, менее интенсивно этот процесс идет в полости носа и околоносовых пазухах. Проникающая способность и уровень действия лекарственных аэрозолей обусловлены, прежде всего, степенью их дисперсности. Всасываясь, аэрозоли оказывают не только местное, но и рефлекторное действие через рецепторы обонятельного нерва, интерорецепторы слизистой бронхов и бронхиол. Имеют место и генерализованные реакции организма в результате поступления в кровь ингалируемых фармакологических препаратов.

Важная роль в механизме лечебного действия аэрозольтерапии принадлежит улучшению проходимости бронхоальвеолярного дерева. Это происходит как за счет использования препаратов муколитического действия и стимуляторов кашлевого рефлекса, так и вследствие действия увлажненной и согретой вдыхаемой смеси. В результате увеличения площади активно функционирующих альвеол и снижения толщины сурфактантного слоя и альвеолокапиллярного барьера значительно возрастает газообмен и жизненная емкость легких, а также скорость и объем поступления лекарственных препаратов в кровь. Одновременно улучшаются кровоснабжение тканей и обмен веществ в них [4, 28, 34, 36, 38, 40, 47 – 51].

При проведении аэрозольтерапии важное значение имеет температура аэрозоля. Горячие растворы, имеющие температуру выше 40 °С, подавляют функцию мерцательного эпителия. Холодные же растворы (25 – 28 °С и ниже) охлаждают слизистую оболочку дыхательных путей, что может вызвать приступ удушья у больных бронхиальной астмой. Оптимальная температура аэрозолей и электроаэрозолей чаще всего равна 37 – 38 °С. Растворы такой температуры вызывают умеренную гиперемию слизистой оболочки, разжижают вязкую слизь, улучшают функцию мерцательного эпителия, ослабляют бронхоспазм.

На всасывание и действие аэрозолей, в том числе на функции мерцательного эпителия, существенно влияют рН ингалируемого раствора (оптимальный 6,0 - 7,0) и концентрация (не выше 4 %) в нем лекарства. Высококонцентрированные растворы с неоптимальным рН отрицательно влияют на функционирование мерцательного эпителия и проницаемость аэрогематического барьера, поэтому концентрация часто применяемых щелочей не должна быть выше 2 %.

Наружное использование аэрозолей в виде орошения кожных покровов и слизистых применяется для лечения ожогов, отморожений, ран, пролежней, инфекционных и грибковых поражений кожи и слизистых оболочек. При этом увеличивается площадь активного контакта лекарственного вещества с патологическим очагом, что ускоряет его всасывание и наступление лечебного эффекта.

3.3.1. Показания и противопоказания к аэрозольтерапии

Аэрозольтерапия показана при острых, подострых и хронических воспалительных заболеваниях верхних дыхательных путей, бронхов и легких, профессиональных заболеваниях органов дыхания (для лечения и профилактики), туберкулезе верхних дыхательных путей и легких, бронхиальной астме, острых и хронических заболеваниях среднего уха и

околоносовых пазух, гриппе и других острых респираторных вирусных инфекциях, острых и хронических заболеваниях полости рта, артериальной гипертензии I и II степени, некоторых кожных заболеваниях, ожогах, трофических язвах.

Противопоказаниями являются спонтанный пневмоторакс, гигантские каверны в легких, распространенная и буллезная формы эмфиземы, бронхиальная астма с частыми приступами, легочно-сердечная недостаточность III степени, легочное кровотечение, артериальная гипертензия III степени, выраженный атеросклероз коронарных и мозговых сосудов, заболевания внутреннего уха, туботит, вестибулярные расстройства, атрофический ринит, эпилепсия, индивидуальная непереносимость ингалируемого лекарственного вещества.

Одним из видов искусственной аэрозольтерапии является электроаэрозольтерапия, которая заключается в применении аэрозолей с положительными или отрицательными электрическими частицами. Метод принудительной подзарядки электрическим зарядом разработан для увеличения устойчивости аэрозолей в воздушной среде и повышения их биологического действия [34].

3.3.2 Электроаэрозоли.

Электроаэрозоль – аэродисперсная система, частицы дисперсной фазы которой обладают свободным положительным или отрицательным зарядом. Если все частицы аэрозоля имеют на своей поверхности избыток электронов, аэрозоль обладает униполярно отрицательным зарядом; при недостатке электронов – униполярно положительным зарядом. Заряды частиц электроаэрозолей могут достигать $10^3 - 10^4 e$ (e – элементарный заряд, равный $1,6 \cdot 10^{-19}$ кулона). Униполярный заряд аэрозольных частиц способствует их рассеиванию и более равномерному оседанию в дыхательных путях, быстрому поступлению во внутренние среды организма (системное действие),

потенцированию действия лекарств. Кроме того, нужно учитывать своеобразное терапевтическое действие самого заряда (особенно отрицательного) частиц электроаэрозоля. Наличие свободного электрического заряда приближает их действие к действию аэроионов.

Электроаэрозоли (по сравнению с аэрозолями) оказывают более выраженное местное и общее действие, так как электрический заряд усиливает фармакологическую активность веществ и изменяет электрический потенциал тканей. Наиболее адекватные реакции в организме вызывают отрицательно заряженные аэрозоли. Под влиянием отрицательного электрического заряда наблюдается улучшение всасываемости, повышение активности мерцательного эпителия, усиление фармакологических свойств лекарственных аэрозолей. Установлено, что за счет действия отрицательного заряда любых лекарственных аэрозолей улучшается кровоснабжение слизистой дыхательных путей, способствующее ее регенерации. Отрицательные электроаэрозоли благоприятно действуют на дыхательную функцию легких. В результате их действия уменьшается повышенный минутный объем легких, увеличивается их жизненная емкость и максимальная вентиляция, улучшается бронхиальная проходимость. Под влиянием отрицательно заряженных электроаэрозолей наблюдаются также снижение повышенной возбудимости центральной нервной системы, нормализация сосудистого тонуса, гипотензивное и гипосенсибилизирующее действие. Положительно заряженные аэрозоли обладают противоположным, часто негативным действием на организм.

За счет появления новых свойств у электроаэрозолей (усиление и пролонгирование фармакологической активности, повышение всасывания лекарств и т. д.) стало возможным уменьшать дозы медикаментов, используя половину или четверть полной терапевтической дозы. Применение малых доз лекарственных веществ особенно важно для устранения побочных реакций при лечении больных пожилого и старческого возраста, детей и лиц, длительно или постоянно пользующихся лекарствами.

Показаниями к применению общей электроаэрозольтерапии является профилактика и лечение пневмокониозов, профессиональных отравлений свинцом (электроаэрозолями натриевой соли метионина) и других профзаболеваний. Показаниями для электроингаляций являются также пневмонии (особенно постгриппозные) у взрослых и детей, ряд неспецифических заболеваний верхних дыхательных путей, гипертоническая болезнь I и II степени, атеросклероз на ранних стадиях (улучшаются субъективное состояние, уменьшаются или исчезают головные боли, головокружения, снижается артериальное давление).

Показаниями для местной электроаэрозольтерапии являются ожоги, долго не заживающие раны и язвы. Для местной электроаэрозольтерапии применяется генератор электроаэрозолей – так называемый аэрозольный пистолет. После очистки раны аппарат устанавливают на расстоянии 15 – 20 см от раневой поверхности. Продолжительность процедуры зависит от площади ран и составляет от 5 до 15 мин ежедневно курсом лечения 15 – 20 процедур. После процедуры на рану накладывают повязку, увлажненную стерильным физиологическим раствором, новокаином и др. В случае обострения процесса процедуры следует временно прекратить (на 1 – 2 дня).

3. 4. Аппаратура. Виды ингаляций

Ингаляция как метод введения лекарственных средств путем вдыхания относится к физиотерапевтическим процедурам, если для этого используется специальная ингаляционная аппаратура.

Аэрозоли готовят непосредственно в момент применения с помощью аэрозольных генераторов. Они могут быть диспергирующими (измельчающими, распыляющими) и конденсирующими (или коагулирующими) [28, 34, 38, 52 – 55].

В медицинской практике для аэрозольтерапии обычно используются диспергирующие аэрозольные генераторы. По способу генерирования аэрозолей они делятся на:

- 1) механические (центробежные, в которых жидкость срывается с вращающегося диска и распадается на мелкие частицы);
- 2) пневматические (сопловые) – источником распыления является сжатый газ (от компрессора, баллона, груши) или давление пара;
- 3) ультразвуковые, в которых образование аэрозолей происходит под действием высокочастотных механических колебаний (ультразвука);
- 4) пропеллентные, в которых диспергирование частиц лекарственного вещества осуществляется за счет возгонки пропеллентов.

По мобильности аэрозольные ингаляторы подразделяются на портативные и стационарные. Портативные являются аэрозольными генераторами закрытого (индивидуального) типа. К ним относятся ингаляторы ультразвуковые («Туман», «Бриз», «Муссон», «Тайга», Nebatur), паровые (ИП-1, ИП-2, «Бореал»), компрессорные (Неуг, Medel, Pari и др.) и пневматические (ИС-101, ИС-101П, «Инга»). Стационарные аппараты (УИ-2, «Аэрозоль У-2», TUR USI-70) предназначены для групповой (камерной) аэрозольтерапии и являются генераторами открытого типа. В домашних условиях используют простейшие карманные ингаляторы (ИКП-М, ИКП-М-2, ИКП-М-3, ингалятор Махольда и др.).

Групповые ингаляции основаны на создании равномерного тумана в воздухе ограниченного помещения и предназначены для одновременного воздействия на группу больных; индивидуальные - для непосредственного введения аэрозоля в дыхательные пути одного больного. Ингаляционную терапию проводят в специально выделенном помещении (ингалятории) площадью не менее 12 м², отдельно для групповых и индивидуальных воздействий. Оно должно быть оборудовано эффективной системой приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей 4-10 кратный обмен воздуха.

Для основного вида аэрозольтерапии ингаляционной аэрозольтерапии используют частицы аэрозолей лекарственного вещества различных линейных размеров. По их убыванию выделяют 5 основных видов ингаляций:

порошковые, паровые, тепловлажные, влажные, масляные, воздушные и ультразвуковые (рис. 10).

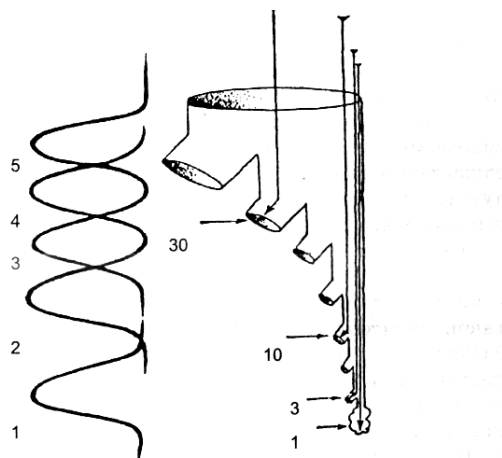


Рис. 10. Масс-медиальные размеры частиц аэрозоля, генерирующих при различных видах ингаляций, и область их эффективного воздействия. 1 - ультразвуковые ингаляции, 2 - воздушные и масляные, 3 - влажные и тепловлажные, 4 - паровые, 5 - ингаляции порошков. Цифры справа - линейные размеры генерируемых частиц аэрозоля [47].

Паровые ингаляции проводят с помощью парового ингалятора (типа ИП2), но их можно осуществлять и в домашних условиях без специального аппарата. Готовят ингаляции, получая пар из смеси легкоиспаряющихся медикаментов (ментола, эвкалипта, тимола) с водой, а также из отвара листьев шалфея, ромашки и др. Температура пара - 57-63 °С, но при вдыхании она снижается на 5-8 °С. Вдыхаемый пар вызывает усиленный прилив крови к слизистой оболочке верхних дыхательных путей, способствует восстановлению ее функции и оказывает болеутоляющее действие. Применяются паровые ингаляции при заболеваниях верхних дыхательных путей, трахеи и бронхов, пневмониях, гриппе, профессиональных заболеваниях верхних дыхательных путей, острых и хронических воспалительных заболеваниях носа, среднего уха, и др. В связи с высокой температурой пара эти ингаляции противопоказаны при

тяжелых формах туберкулеза, при острой пневмонии, плеврите, кровохарканье, артериальной гипертонии, ишемической болезни сердца.

Тепловлажные ингаляции проводят при температуре вдыхаемого воздуха 38-42 °С. Они вызывают гиперемию слизистой оболочки дыхательных путей, разжижают вязкую слизь, улучшают функцию мерцательного эпителия, ускоряют эвакуацию слизи, подавляют кашель, приводят к свободному отделению мокроты. Для этого вида ингаляций используют аэрозоли солей и щелочей, антибиотиков, антисептиков, гормонов и др. После их проведения больной должен откашляться в дренажном положении, сделать дыхательную гимнастику или вибромассаж грудной клетки. Показания и противопоказания к проведению тепло-влажных ингаляций те же, что и для паровых. Кроме того, такие ингаляции показаны при подострых и хронических заболеваниях носовой полости, придаточных пазух носа, среднего уха, горла, острых и хронических заболеваниях трахеи и бронхов, абсцессе легкого, пневмосклерозе, бронхиальной астме, пневмонии, гриппе и острых респираторных заболеваниях, профессиональных заболеваниях органов дыхания и др.

При влажных ингаляциях лекарственное вещество с помощью портативного ингалятора распыляется и вводится в дыхательные пути без предварительного подогрева. При этом концентрация препаратов в растворе больше, а объем меньше, чем при тепловых ингаляциях. Для этого вида ингаляций используют анестезирующие и антигистаминные препараты, антибиотики, гормоны, фитонциды ферменты, бронхолитики, минеральные воды, растворы натрия хлорида и др. Эти ингаляции переносятся легче и их можно назначать даже тем больным, которым противопоказаны паровые и тепло-влажные ингаляции.

Масляные ингаляции основаны на распылении с профилактической (защитной) или лечебной целью подогретых аэрозолей различных масел которые обладают трофическим, респираторно-регенеративным и бронхопротективным действием. Их применяют при остром воспалении, выраженной атрофии слизистых дыхательных путей. Используют чаще масла

растительного происхождения (эвкалиптовое, персиковое, миндальное и др.), реже - животного происхождения (рыбий жир). Запрещается применение минеральных масел (вазелиновое). При ингаляции масло распыляется, покрывая слизистую оболочку дыхательных путей тонким слоем, который защищает ее от различных раздражений и препятствует всасыванию вредных веществ в организм. Масляные ингаляции благоприятно действуют при воспалительных процессах гипертрофического характера, снижают ощущение сухости, способствуют отторжению корок в носу и в глотке, оказывают благоприятное действие при остром воспалении слизистой оболочки дыхательных путей, особенно в комбинации с антибиотиками. С профилактической целью масляные ингаляции применяют на производстве, где в воздухе имеются частицы ртути, свинца, соединения хрома, аммиака и др.

Вместе с тем масляные ингаляции нельзя проводить людям, которые имеют в легких и бронхах пыль (мучная, табачная, асбестовая и др.), т.к. пыль смешивается с маслом и образует плотные пробки, которые закупоривают просвет бронхов, создавая условия для возникновения воспалительных заболеваний легких. Таким пациентам следует назначать щелочные ингаляции.

Ингаляции порошков (сухие ингаляции или инсуффляции) применяют преимущественно при острых воспалительных заболеваниях верхних дыхательных путей, в частности, при острых и хронических бронхитах. Эти ингаляции основаны на том, что распыляемый препарат ингаляции смешивается с сухим горячим воздухом. Для этих ингаляций используют порошкообразно измельченные антибиотики, сульфаниламиды, сосудосуживающие, антиаллергические, противогриппозные средства, вакцины, сыворотки, сухие порошки интерферона, этазола, сульфадимезина, противотуберкулезных средств. Для распыления сухих лекарственных веществ применяют порошковдуватели (инсуффлятор), пульверизаторы с баллоном или специальные распылители (спинхалер, турбохалер, ротахалер, дискхалер, изихалер, циклохалер и др.).

В последние годы все большее распространение получают воздушные ингаляции. Их проводят при помощи распыления находящегося в баллончике лекарственного вещества легко испаряющимся газом (пропеллентом) или при помощи сжатого воздуха. Для воздушных ингаляций используют лекарственные вещества, обладающие муколитическим и бронхолитическим действием.

Ультразвуковые ингаляции – это лечебно-профилактические аэрозоли, получаемые диспергированием лекарственных растворов при помощи ультразвука. Ультразвуковые аэрозоли отличаются узким спектром частиц, высокой плотностью и устойчивостью, малой концентрацией кислорода, глубоким проникновением в дыхательные пути. Для распыления ультразвуком могут применяться самые различные лекарственные вещества, чаще всего обладающие бронхолитическим, секретолитическим и метаболическим эффектами (кроме вязких и неустойчивых к действию ультразвука).

Известны и некоторые виды сочетанной ингаляционной терапии - ингаляции с осцилляторной модуляцией дыхания (Jet-ингаляции), ингаляции под постоянным положительным давлением, гальваноаэрозольтерапия и др.

Все виды аппаратных ингаляций проводят ежедневно, а некоторые - через день. Продолжительность ингаляции - от 5 - 7 до 10 - 15 мин. На курс лечения назначают от 5 (при острых процессах) до 20 процедур. При показаниях проводят повторный курс через 10-20 дней. Детям можно назначать ингаляции с первых дней жизни с целью профилактики и лечения заболеваний органов дыхания. При этом ингаляции проводят, используя специальные приспособления ("домик", колпак или бокс) для одного ребенка или группы детей.

Наружную аэрозольтерапию выполняют путем распыления аэрозолей на поверхность кожи или слизистых оболочек. Сопло генератора аэрозолей при этом устанавливают на расстоянии 10-20 см от орошаемой поверхности. После процедуры на зону воздействия накладывают стерильную повязку, смоченную раствором распыляемого лекарства.

3.5. Правила приема ингаляций

- Ингаляции следует проводить в спокойном состоянии, без сильного наклона туловища вперед, не отвлекаясь разговором или чтением. Одежда не должна стеснять шею и затруднять дыхание.
- Ингаляции принимают не ранее чем через 1,0-1,5 ч после приема пищи или физического напряжения.
- После ингаляций необходим отдых в течение 10-15 мин, а в холодное время года 30-40 мин. Непосредственно после ингаляций не следует разговаривать, петь, курить, принимать пищу в течение часа.
- При болезнях носа, околоносовых пазух вдох и выдох следует делать через нос, без напряжения. При заболеваниях глотки, гортани, трахеи, крупных бронхов после вдоха необходимо задержать дыхание на 1-2 секунды, а затем сделать максимальный выдох. Выдох лучше делать носом, особенно пациентам с заболеваниями околоносовых пазух, поскольку во время выдоха часть воздуха с лекарственным веществом из-за отрицательного давления в носу попадает в пазухи.
- При назначении ингаляций антибиотиков следует определить чувствительность к ним микрофлоры и собрать аллергоanamnez. Такие ингаляции лучше проводить в отдельном кабинете. Бронхолитики необходимо подбирать индивидуально на основании фармакологических проб.
- Во время курса ингаляционной терапии ограничивается прием жидкости, не рекомендуется курить, принимать соли тяжелых металлов, отхаркивающие средства, полоскать перед ингаляцией рот растворами перекиси водорода, перманганата калия и борной кислоты.
- При использовании для ингаляций нескольких лекарств необходимо учитывать их совместимость: физическую, химическую и фармакологическую. Несовместимые лекарства в одной ингаляции применяться не должны.

- Важным условием успешной ингаляции является хорошая проходимость дыхательных путей. Для ее улучшения применяют предварительные ингаляции бронхолитиков, дыхательную гимнастику, другие физиотерапевтические методы.
- Физико-химические параметры (рН, концентрация, температура) используемых для ингаляций растворов лекарств должны быть оптимальными или близкими к ним.
- Ингаляционная терапия, в особенности при бронхолегочных заболеваниях, должна быть этапной и дифференцированной. В частности, при хронических воспалительных заболеваниях легких она включает дренирование или восстановление бронхиальной проходимости, эндобронхиальное санирование, репарацию слизистой оболочки.
- При комплексном применении физиотерапевтических процедур ингаляции проводятся после светолечения, электротерапии. После паровых, тепловых и масляных ингаляций не следует делать местные и общие охлаждающие процедуры [28, 34, 38, 40, 41, 47 – 52].

3.6. Небулайзерная терапия

Особое значение в настоящее время приобрела небулайзерная терапия (небулайзер от латинского слова «nebula» — туман, облачко). Под термином «небулайзерная терапия» понимается проведение ингаляционной терапии с помощью ингаляторов. В зависимости от вида энергии, превращающей жидкость в аэрозоль, различают два типа небулайзеров — струйный или компрессорный (использующий энергию струи газа) и ультразвуковой (использующий энергию колебаний пьезокристалла).

Небулайзерная терапия как надежный и быстрый способ доставки лекарственных веществ в легкие, альвеолы и легочный кровоток по сравнению с энтеральным или парентеральным способом, широко применяется в пульмонологии, отоларингологии, фтизиатрии, реаниматологии, при

неотложной терапии. Во многих городах машины скорой помощи оснащены ингаляторами и соответствующими лекарственными средствами [38, 39, 42 – 46, 52 – 55].

Достоинствами небулайзерной терапии является возможность доставки большой дозы препарата, отсутствие необходимости выполнения форсированных маневров и четкой координации вдоха с высвобождением препарата. То есть использование небулайзера возможно в ситуациях, когда тяжесть состояния пациента, его возраст и низкая кооперация не позволяют правильно использовать другие ингаляторы.

Небулайзерная терапия показана при острых респираторных заболеваниях (ринит, фарингит, ларингит, трахеит) и их осложнениях (риносинусит, ларинготрахеит); обострении хронического ринита, хронического синусита, хронического тонзиллита; внебольничной пневмонии; бронхиальной астме; остром простом слизистом или слизисто-гнойном бронхите; обострении хронического простого слизистого бронхита; обострении хронического обструктивного заболевания легких; бронхоэктатической болезни; грибковых поражениях верхних и нижних дыхательных путей; туберкулезе легких; муковисцидозе; для профилактики послеоперационных осложнений; ВИЧ-инфекции (при развитии респираторных расстройств).

Противопоказанием к небулайзерной терапии остаются легочные кровотечения, травматический или спонтанный пневмоторакс, буллезная эмфизема, сердечная аритмия, тяжелая сердечная недостаточность, индивидуальная непереносимость назначенных препаратов.

Струйный небулайзер представляет собой устройство для преобразования жидкого лекарственного вещества в мелкодисперсный аэрозоль. Генерация аэрозоля осуществляется воздухом или кислородом. Ингалятор состоит из двух частей: генератор потока воздуха (компрессор) и распылитель жидкости (небулайзер).

Принцип работы струйного небулайзера основан на эффекте Бернулли [55]. Воздух или кислород как рабочий газ входит в камеру небулайзера через

узкое отверстие (отверстие Вентури). На выходе из этого отверстия давление падает, скорость газа значительно возрастает, что приводит к засасыванию в эту область пониженного давления жидкости через узкие каналы из резервуара камеры. При встрече жидкости с воздушным потоком под действием газовой струи она разбивается на мелкие частицы, размеры которых варьируют от 15 до 500 микрон — это так называемый «первичный» аэрозоль. В дальнейшем эти частицы сталкиваются с «заслонкой» (пластинка, шарик и т.д.), в результате чего образуется «вторичный» аэрозоль — ультрамелкие частицы размерами от 0,5 до 10 мкм (около 0,5 % от первичного аэрозоля), который далее ингалируется, а большая доля частиц первичного аэрозоля (около 99 %) осаждается на внутренних стенках камеры небулайзера и вновь вовлекается в процесс образования аэрозоля.

К преимуществам струйного небулайзера относят:

- стабильность лекарственных веществ, вводимых в дыхательные пути;
- возможность дозирования лекарственного вещества;
- экономное распыление лекарственных веществ;
- доставка лекарственных веществ в орган-мишень (верхние или нижние дыхательные пути);
- доставка в мелкие бронхи и альвеолы до 70 % респираторных (от 0,8 до 5 мкм) фракций аэрозолей;
- прерывистая, благодаря наличию экономайзера, подача аэрозолей в дыхательные пути в фазу вдоха экономит лекарственные средства и позволяет формировать индивидуальный дыхательный цикл, характерный для конкретного человека;
- быстрое воздействие на слизистую оболочку;
- лекарственные вещества в аэрозоле оказывают воздействие на большую поверхность слизистой оболочки верхних дыхательных путей, трахею, крупные бронхи, бронхиолы, что приводит к увеличению фармакологической активности лекарств и быстрому развитию терапевтического эффекта;
- возможность выбора одного из режимов работы, посредством снятия

пистонов;

- оснащен детской и взрослыми масками, мундштуком и силиконовой трубкой;
- возможность применения у детей до трехлетнего возраста и старше, у пожилых ослабленных пациентов с нарушением функции дыхания;
- при невозможности использования дозированного ингалятора из-за неумения выполнить синхронный вдох с активацией баллончика;
- возможность подключения небулайзера в контур дыхательного аппарата для вспомогательной или искусственной вентиляции легких;
- возможность использования масляных растворов;

Типы струйных небулайзеров - конвекционные (обычные) небулайзеры с постоянным выходом аэрозоля и небулайзеры, активируемые вдохом.

Конвекционный (обычный) небулайзер является наиболее распространенным типом систем доставки. Такой небулайзер производит аэрозоль с постоянной скоростью, во время вдоха происходит вовлечение воздуха через Т-трубку и разведение аэрозоля. Аэрозоль поступает в дыхательные пути только во время вдоха, а во время выдоха аэрозоль выходит во внешнюю среду, то есть происходит потеря его большей части (около 60–70 %) [55]. Такая «холостая» работа небулайзера значительно повышает стоимость терапии, и, кроме того, повышает риск экспозиции с лекарственным препаратом медицинский персонал.

Небулайзеры, активируемые вдохом (известные как небулайзеры Вентури) также продуцируют аэрозоль постоянно на протяжении всего дыхательного цикла, однако высвобождение аэрозоля усиливается во время вдоха. Такой эффект достигается путем поступления дополнительного потока воздуха во время вдоха через специальный клапан в область продукции аэрозоля. В результате соотношение выхода аэрозоля во время вдоха и выдоха увеличивается количество вдыхаемого препарата, снижается потери препарата, а время небулизации сокращается [38, 42, 55].

Небулайзеры, синхронизированные с дыханием (дозиметрические небулайзеры) производят аэрозоль только во время фазы вдоха. Генерация

аэрозоля во время вдоха обеспечивается при помощи электронных сенсоров потока либо давления. Соотношение выхода аэрозоля во время вдоха и выдоха достигает соотношения 100:0. Основным преимуществом дозиметрического небулайзера является снижение потери препарата во время выдоха. Дозиметрические небулайзеры имеют неоспоримые преимущества при ингаляции дорогих препаратов, так как снижают их потерю до минимума.

Адаптивные устройства доставки также относятся к типу дозиметрических небулайзеров, хотя многие считают их новым классом ингаляционных устройств. Их особенность в адаптации продукции и высвобождении аэрозоля с дыхательным паттерном больного. Устройство автоматически анализирует инспираторное время и инспираторный поток больного (на протяжении трех дыхательных циклов). Затем на основе этого анализа аппарат обеспечивает продукцию и высвобождение аэрозоля в течение первой половины последующего вдоха.

Ультразвуковой небулайзер представляет собой устройство для преобразования жидкого лекарственного вещества в мелкодисперсный аэрозоль, используя энергию высокочастотных колебаний пьезокристалла. Он состоит из ультразвукового преобразователя, емкости для деионизирующей воды и стаканчика для лекарства. Образование аэрозоля происходит следующим образом: сигнал высокой частоты (1–4 МГц) деформирует кристалл. Вибрация от кристалла передается на поверхность раствора, где происходит формирование «стоячих» волн. При достаточной частоте ультразвукового сигнала на перекрестке этих волн происходит образование «микрофронта» (гейзера) и высвобождение аэрозоля. Как и в струйном небулайзере, частицы аэрозоля сталкиваются с «заслонкой», более крупные возвращаются обратно в раствор, а более мелкие — ингалируются. Преимуществом ультразвукового ингалятора являются бесшумность работы, однородность и постоянство размеров частиц распыляемого аэрозоля, а также портативность. Ультразвуковой ингалятор оснащен универсальной маской, носовыми канюлями и мундштуком. Имеет возможность подключения к

прикуривателю автомобиля и аккумулятору. Недостатками ультразвукового небулайзера являются: неэффективность производства аэрозоля из суспензий и вязких растворов; повышение температуры лекарственного препарата во время небулизации и возможность разрушения структуры лекарственного препарата [55].

3.7. Галотерапия

Галотерапия - применение с лечебными целями аэрозоля поваренной соли (хлорида натрия). Этот вид аэрозоля относится к высокодисперсным, поскольку более 80 % его частиц имеют размеры менее 5 мкм.

Физиологическое и лечебное действие галотерапии.

Аэрозоли хлорида натрия способны максимально глубоко проникать по дыхательным путям и стимулировать двигательную активность ресничек мерцательного эпителия и изменять его проницаемость до уровня бронхиол. Одновременно за счет восстановления нормальной осмолярности снижается продукция слизистой бронхов ее секрета, улучшаются его реологические свойства. Диссоциируя на поверхности бронхов, микрокристаллы хлорида натрия изменяют концентрационный градиент и тем самым усиливают пассивный транспорт в эпителиальных клетках, улучшают мукоцилиарный клиренс. Происходящее на этом фоне восстановление внутриклеточного рН стимулирует репаративные процессы в бронхиолах. Ионы натрия, проникающие по межклеточным щелям в подслизистую оболочку дыхательных путей, способны деполяризовать мембрану расположенных там рецепторов и вызвать снижение повышенного тонуса бронхов [28, 36, 47]. Все эти саногенетические процессы лежат в основе муколитического и противовоспалительного эффектов галотерапии. На фоне ее проведения у больных уменьшается одышка и количество хрипов в легких, улучшаются показатели газообмена и функции внешнего дыхания, общее состояние.

Галотерапии также присуще выраженное иммуносупрессивное действие, которое проявляется в уменьшении содержания в крови циркулирующих

иммунных комплексов, иммуноглобулинов классов А, Е и С, эозинофилов. Этот клинический эффект галотерапии определяет ее широкое использование при заболеваниях с выраженной аллергической компонентой (бронхиальная астма, атонический дерматит и др.).

Показаниями для галотерапии являются хронические неспецифические заболевания легких, пневмония в фазе реконвалесценции, бронхоэктатическая болезнь, бронхиальная астма, патология ЛОР-органов, кожные болезни (экзема, атонический и аллергический дерматит, гнездная аллопеция). В качестве профилактических мероприятий галотерапия назначается лицам с хронической бронхолегочной патологией, а также при поллинозах. Противопоказания - острые воспалительные заболевания бронхов и легких, тяжелая бронхиальная астма с частыми приступами, выраженная эмфизема легких, легочно-сердечная недостаточность III степени, заболевания почек в стадии декомпенсации. Галотерапию проводят по групповой или индивидуальной методике. В первом случае процедуры осуществляют одновременно для 4-10 больных в специально оборудованных помещениях - галокамерах, потолки и стены которых покрыты плитами хлорида натрия. Воздух в такую камеру поступает через галогенератор (АСА01.3 и др.), внутри которого создается хаотичное движение кристаллов хлорида натрия в воздушном потоке (так называемый "кипящий слой"). Известны и другие способы получения сухих аэрозолей хлорида натрия.

Во время процедуры в галокамерах больные находятся в удобных креслах, их одежда должна быть свободной и не затруднять вдох и выдох. Используют 4 режима галотерапии с концентрацией аэрозоля соответственно 0,5-1,0; 1-3; 3-5 и 7-9 мг/м³. Их выбор определяется степенью нарушения бронхиальной проходимости. Первый режим используют у больных эмфиземой и бронхиальной астмой, второй - при хронических неспецифических заболеваниях легких со сниженным объемом форсированного выдоха до 60% от должного, третий - свыше 60 % от должного, четвертый - при бронхоэктатической болезни и муковисцидозе.

Индивидуальную галотерапию осуществляют при помощи галоингаляторов ГИСА01 и аппаратов для галотерапии АГТ01. Оптимальным является проведение процедуры в индивидуальном галобоксе.

Галотерапию дозируют по счетной концентрации аэрозоля, производительности галогенератора и времени воздействия. Процедуры продолжительностью 15-30 мин проводят ежедневно. Курс лечения состоит из 12-25 воздействий.

3.8. Аэрофитотерапия

Под аэрофитотерапией понимают лечебно-профилактическое использование воздуха, насыщенного ароматическими веществами (эфирными маслами) растений [28, 34, 36, 40, 49]. Интерес к этому направлению ингаляционной терапии обусловлен, прежде всего, огромным спектром биологической активности эфирных масел. Они обладают антибактериальным, противовоспалительным, анальгезирующим, седативным, спазмолитическим, десенсибилизирующим действием. Выраженность этих факторов у эфирных масел из различных растений далеко не одинаковая (табл. 9), что определяет дифференцированный подход к их использованию.

Таблица 9

Биологическая активность эфирных масел (Т.Н. Пономаренко и др., 1998) [36]

Оказываемое действие	Мятное	Лавандовое	Шалфейное	Анисовое	Фенхелевое	Пихтовое	Эвкалиптовое	Цитраль
Противовоспалительное	+	+	+				+	
Противомикробное		+			+	+	+	
Антисептическое	+	+	+		+	+	+	
Бронхоспазмолитическое	+			+	+			
Отхаркивающее				+			+	
Общестимулирующее	+		+	+			+	+
Седативное		+	+	+				
Болеутоляющее		+						

Кроме того, ароматические вещества, возбуждая обонятельные рецепторы, ведут к возникновению афферентной импульсации, которая модулирует высшую нервную деятельность и вегетативную регуляцию висцеральных функций. В результате вдыхания летучих ароматических веществ изменяется тонус подкорковых центров головного мозга, реактивность организма и психоэмоциональное состояние человека, снимается усталость, повышается работоспособность, улучшается сон.

Аэрофитотерапию в основном показана при острых и хронических заболеваниях органов дыхания (фарингит, трахеит, бронхит, бронхиальная астма), вегетативно-сосудистая дистония, функциональные заболевания ЦНС, профилактика обострений ОРЗ и хронических заболеваний верхних дыхательных путей. Она показана при первичной профилактике хронических неспецифических заболеваний легких лицам, страдающим частыми острыми респираторными заболеваниями, гриппом, повторными острыми бронхитами или пневмониями, хроническими заболеваниями верхних дыхательных путей. Противопоказания: повышенная индивидуальная чувствительность к запахам того или иного эфирного масла, выраженная дыхательная или сердечная недостаточность.

Для проведения процедур используют фитогенераторы (АФ01, АГЭД01 и др.), которые позволяют в фитоаэрариях создавать природные концентрации летучих ароматических веществ (от 0,1 до 1,5 мг/м³). В этих аппаратах происходит принудительное испарение летучих компонентов эфирных масел без их нагрева. Процедуры обычно проводят через 1-2 ч после приема пищи. Продолжительность процедур - 30-40 мин, на курс 15-20 процедур.

Для процедур можно использовать одно эфирное масло или композиции. Композиции эфирных масел можно создавать как путем последовательного насыщения ими воздуха, так и одновременным использованием нескольких эфирных масел.

В летнее время аэрофитотерапия может проводиться в естественных условиях в парковых зонах, засаженных эфирно-масличными растениями.

3.9. Аэроионотерапия

Аэроионы, достигая поверхности кожных покровов, слизистых оболочек, передают электрический заряд биотканям, становятся высокоактивными атомами и молекулами [4, 28, 34].

Местом приложения ионизированного воздуха являются мембраны эпителиальных клеток дыхательных путей, обонятельные рецепторы и открытые участки кожных покровов. Вступая во взаимодействие с молекулярными комплексами мембран и электролитами интерстициальной ткани, они образуют различные продукты обмена и биологически активные вещества. Под влиянием аэроионов активируются местные метаболические процессы в слизистых оболочках дыхательных путей, расширяются артериолы, усиливается местный кровоток, увеличивается потребление кислорода, нормализуется функция мерцательного эпителия дыхательных путей и клеточный иммунитет, повышается устойчивость организма к действию холода, респираторным заболеваниям, стимулируются процессы регенерации, проявляется седативный эффект.

Аэроионы положительной и отрицательной полярности приводят к противоположным реакциям у пациентов, получающих аэроионотерапию. Аэроионы отрицательной полярности повышают активность мерцательного эпителия дыхательных путей, увеличивают легочную вентиляцию, увеличивается потребление тканями кислорода и выделение углекислоты, стимулируются дыхательные ферменты, увеличиваются окислительно-восстановительные процессы в тканях.

Кроме того, отрицательные аэроионы увеличивают гемоглобин и количество эритроцитов, замедляют скорость оседания эритроцитов (СОЭ) и свертываемость крови; изменяют рН в щелочную сторону, снижают артериальное давление и замедляют частоту сердечных сокращений. Их действие изменяет функциональное состояние ЦНС, повышает рефлекторную возбудимость нервных клеток и мышц, усиливает процессы торможения в коре

головного мозга, улучшается сон, повышает умственную и физическую работоспособность, повышает защитно-приспособительные силы организма и местные барьерные функции, снижает степень сенсibilизации. Отмечается стимулирующее действие на белковый, углеводный, водно-солевой обмен и синтез витаминов, стабилизируется уровень кальция и фосфора в крови. В лечебной практике в основном применяют аэроионотерапию отрицательной полярности.

Положительные аэроионы вызывают в организме противоположные сдвиги: понижается активность окислительно-восстановительных процессов, ускоряется СОЭ, повышается свертываемость крови, подавляется активность мерцательного эпителия легких, повышается возбудимость ЦНС, снижается умственная и физическая работоспособность.

Аэроионотерапия отрицательной полярности рекомендуется больным с хроническим субатрофическим ринитом и фарингитом, вазомоторным ринитом, обструктивным бронхитом, бронхиальной астмой в стадии ремиссии, склонностью к респираторным заболеваниям, нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу, неврастением, расстройствами сна; плохо заживающими ранами и трофическими язвами, а также для локального воздействия на ожоговую поверхность.

Противопоказаниями к применению аэроионотерапии являются: тяжелые формы бронхиальной астмы, выраженная эмфизема легких, активный туберкулез легких, выраженный атеросклероз коронарных и мозговых сосудов, качественные новообразования, общее резкое истощение организма.

Для лечебной цели применяются различные аэроионизаторы: «АИР-2», «Ионотрон», «Озотрон», «Элион-132», «Фанлайн», «Овион-С» «ФА-50-3». В паспорте аппаратов должна быть указана создаваемая ими концентрация аэроионов. Они должны генерировать отрицательно заряженные аэроионы в концентрации от 100 000 до 300 000 в 1 см³ на расстоянии 30-50 см от аппарата.

Лечебная доза отрицательно заряженных аэроионов составляет 10-15 млрд ионов при 14-18 вдохах в течение 1 мин. Продолжительность процедуры 10-20 мин ежедневно. Курс лечения 15 ингаляций.

Для получения гидроаэроионов отрицательной полярности применяют гидроаэроионизаторы «ГАИ-4» и «ГАИ-4У».

Общая электроаэрозольтерапия большей частью используется в качестве одного из методов в комплексной терапии больных. Местная электроаэрозольтерапия может быть самостоятельным методом лечения или применяться в качестве подготовки раневых поверхностей для дальнейшего оперативного лечения.

3.10. Местная аэрозольтерапия

С 60-70 годов XX века получила распространение местная аэрозольтерапия, которую применяют в гинекологии, стоматологии, проктологии, а также для лечения ожогов, ран, трофических язв, некоторых поражений кожи и др.

Для местного воздействия обычно применяют аэрозольные баллоны с дозирующим устройством, из которых содержимое аэрозолей направляют на пораженную поверхность или в соответствующую полость тела. Продолжительность процедуры зависит от индивидуальной дозировки аэрозоля, при назначении которой учитывается площадь поражения и терапевтическая доза распыляемого лекарственного вещества. Процедуры проводят ежедневно курсом 20 процедур. При определении дозировки аэрозолей исходят из разовой, суточной и курсовой дозы лекарственного вещества (в обычной форме) для взрослого и ребенка. Кроме того, при назначении аэрозольтерапии необходимо учитывать производительность распылителя (количество аэрозоля в литрах, образуемого за единицу времени), плотность аэрозоля (содержание распыляемого вещества в литре аэрозоля) и его дисперсность (соотношение частиц в аэрозоле по размеру), а также

жизненную емкость легких данного больного и потери аэрозоля во время ингаляции.

В состав аэрозолей для внутреннего применения вводят средства для лечения легочных и простудных заболеваний, симптоматические средства, облегчающие приступы бронхиальной астмы, приступы удушья при эмфиземе легких и спазмах бронхов, а также разнообразные средства для лечения заболеваний внутренних органов, которые способны заменять соответствующие инъекционные формы.

К примеру, лекарственный препарат «Ингалипт» представляет собой водный раствор сульфаниламидов, антисептиков, корригентов и эфирных масел [24].

Состав аэрозоля «Ингалипт»:

1. Основные вещества

- норсульфазол растворимый — 0,75 г,
- стрептоцид растворимый — 0,75 г,
- тимол — 0,015 г,
- масло эвкалиптовое — 0,015 г,
- масло мятное — 0,015 г,

2. Вспомогательные вещества

- спирт этиловый 95% — 1,8 г,
- глицерин — 2,1 г,
- сахар — 1,5 г,
- твин-80 — 0,9 г,
- вода дистиллированная — до 30 мл.
- азот I или II — 0,3-0,42 г.

Препараты «Эвкамен» и «Каметон», предназначенные для лечения катаров верхних дыхательных путей, включают ментол, эвкалиптовое, камфорное, касторовое и оливковое масла, спиртовой раствор фурацилина и

хлорэтон. Разработана аэрозольная форма «Эфедрола», ранее выпускавшегося промышленностью в форме таблеток.

В числе других препаратов следует назвать сердечные и противоревматические средства, инсулин, диуретики и др., которые могут заменять инъекционные лекарственные формы, что чрезвычайно важно в терапии ряда заболеваний.

Фармацевтические аэрозоли для наружного применения занимают важнейшее место и широко используются в дерматологии и хирургии, гинекологии, акушерстве и проктологии. В форме аэрозольного препарата могут быть использованы растворы, мази, эмульсии, пасты, порошки и пластические пленки фармакологически активных веществ.

Применение аэрозолей в форме пластических пленок значительно облегчает лечение ран и особенно ожогов. Пластические пленки в дерматологии могут служить фиксаторами, местными локализаторами, пролонгаторами действия лекарственных веществ, а также применяются для закрытия и защиты ран от контактной инфекции из воздуха и инфицирования окружающей кожей.

Самостоятельное значение в практике лечения ожогов приобрели аэрозольные препараты, обеспечивающие быстроту и равномерность нанесения препарата на раневую поверхность, доступность использования, возможность оказания помощи в максимально ранние сроки после ожога [23]. Примерами таких аэрозолей являются «Фадезин», содержащий антисептические, обезболивающие вещества, витамины, рыбий жир; «Легратетрин», активными компонентами которого являются левомецетин, грамицидин и тетрациклин. Разработаны мазевые аэрозоли с антибиотиками на основе винилина и линетола, суспензионные аэрозоли, содержащие неомицин и тетрациклин в сочетании с кортикостероидами.

Аэрозоли на основе поливинилбутиральюда применяются для обработки операционного поля, на основе поливинилпирролидона и поливинилбутирала - для закрытия донорских участков и фиксации кожного лоскута при

пластических операциях, С целью профилактики пиодермии применяется «Неотизоль», имеющий в составе неомицин и образующий на поврежденной поверхности прозрачную пленку. Для защиты кожи, подготовки операционного поля, закрытия операционных швов используется аэрозольный препарат «Буметол», включающий смолу БМК-5, фурацилин, линетол, ацетон [23, 24].

Для уменьшения реактивных явлений и ускорения процесса заживления ран после тонзиллэктомии предложен аэрозольный препарат «Грамезоль», представляющий собой смесь грамицидина, ментола, анестезина и этилового спирта.

Востребованность такой лекарственной формы как аэрозоли с каждым годом возрастает, что обусловлено следующими факторами. Терапия ингаляционными препаратами является основным методом лечения больных бронхиальной астмой. В отличие от системной терапии, аэрозольтерапия позволяет лекарственным препаратам в необходимой концентрации достигать легких при малом системном воздействии. Учитывая, что распространенность бронхиальной астмы во всем мире растет (в Европе не менее 25 млн. астматиков), а также то, что доля дозированных ингаляционных аэрозолей составляет примерно 80 % от общего количества применяемых ингаляционных устройств, прогнозируют дальнейшее увеличение потребления фармацевтических аэрозолей на 5 % ежегодно [27, 29, 30, 35, 37, 38, 42, 55].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Райст П. Аэрозоли. - М.: Мир, 1997. – 397 с.
2. Райст П. Аэрозоли. Введение в теорию. М.: Мир, 1987. – 280 с.
3. Спурный К.Н., Йех Ч. Аэрозоли. – М.: Атомиздат, 1989. – 256 с.
4. Архипова В.А., Шерементьева И.М. Аэрозольные системы и их влияние на жизнедеятельность: Уч. пособие, Томск: Изд-во Томского госуд. Педагогического ун-та. – 2007. – 136 с.
5. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда: Уч. пособие /Кукин П.П., Лапин В.Л., Пономарев Н.Л. – М.: Высшая школа, 2007. – 318 с.
6. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнений атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
7. Фукс Н.А. Механика аэрозолей. – М.: Эксмо, 2009.
8. Мушкамбаров Н.Н. Физическая и коллоидная химия. – М.: Геотар-мед. 2001. – 380 с.
9. Зимон А.Д. Коллоидная химия. – М.: Агар. 2001. - 320 с.
10. Гельфман М.И., Ковалевич О.В., Юстратов В.П. Коллоидная химия. – М.: “Лань”, 2003. – 336 с.
11. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 464 с.
12. Щукин Е.Д., Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1992. – 414 с.
13. Грин Х., Лейн В. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы. – Л.: Химия, 1969. – 428 с.
14. Li Y.Q., Davidovits P., Shi Q., Jayne J.T., Kolb C.E., Worsnop D.R. Mass and Thermal Accommodation Coefficients of H₂O(g) on Liquid Water as Function of Temperature. - J.Phys.Chem.A, 105, 29, 10627-10634, 2001.
15. Widmann J.F., Davis E.J. Mathematical models of the uptake of ClONO₂ and other gases by atmospheric aerosols. - J.Aerosol Sci., v.28, n.2, pp. 87 - 106, 1997.
16. Fuchs N.A., Sutugin A.G. Highly dispersed aerosols, in Topics in Current Aerosol Research (Part 2), ed. by C.M. Hidy and J.R. Brock, New York, pp. 1-200, 1971.
17. Loyalka S.K. Modelling of condensation in aerosols. - Prog. Nucl. Energy, v.12, pp.1-3. 1983.
18. Жиллов Ю.Д., Назарова Е.Н. Здоровый образ жизни и его составляющие. – М.: Академия, 2007. – 255 с.

- 19.Беляев С.П., Никифорова Н.К. Оптико-электронные методы изучения аэрозолей. – М.:Энергоиздат, 1981. – 232 с.
20. Козлов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. – Л.: Химия, 1971. – 280 с.
- 21.Чуєшов В.І. Технологія ліків. Харків: “Золоті сторінки” – 2003, 719 с.
- 22.Перельман Я.Я. Анализ лекарственных форм. Практическое руководство. М.: Медгиз, 2003.
- 23.Башура Г.С. Большие заслуги маленького аэрозоля. – М.: Мир, 2002. - 268 с.
24. Башура Г.С., Ефоян А.С. Фармацевтические аэрозоли: научные разработки и организация производства. – М.: Медицина, 1998. – 236 с.
- 25.Терешкина О.И., Павлов В.М. Разработка проекта общей фармакопейной статьи «Аэрозоли». Фармация . - № 8, 2005. - 3-7 с.
- 26.Пылеулавливание в металлургии: справ узд. /Алешина В.М., Вальдберг Ф.Ю., Гордон Г.М. и др. – М.: Металлургия, 1984. – 336 с.
- 27.Авдеев С.А. Заболевания дыхательных путей. Фармацевтический вестник. - № 5, 2000. - 13-15 с.
- 28.Эдельштейн В.Г. Основы аэрозольтерапии. – М.: Медицина, 1998. – 437 с.
- 29.Зупанец И.А., Бездетко Н.И. Фармацевтическая опека больных с простудными заболеваниями. Провизор № 9, 2002.- 21-24 с.
- 30.Хомякова Л.Г., Зайцева И.Г., Мнушко З.Н., Компанеев Е.И. Аэрозоли для лечения заболеваний органов дыхания. – М.: Медицина, 2003. – 117 с.
- 31.Медников Е.А. Турбулентный перенос и осаждение аэрозолей. - М.: Медицина, 1992. – 422 с.
- 32.Навашин С.М., Фомина И.П. Рациональная антибиотикотерапия. – М.: Медицина, 1982. – 496 с.
- 33.Страчунский Л.С., Козлов С.Н. Антибиотики: клиническая фармакология. – Смол.: Амипресс. - 1994. - 208 с.
34. Боголюбов В.М. Аэрозоли и электроаэрозоли в лечении неспецифических заболеваний органов дыхания.— М.: Медицина, 1981.— 62–68 с.
35. Лавренова Г.В., Шапаренко Г.А. Аэрозольные лекарственные вещества в отоларингологии.— К., 1987.— 169 с.
36. Ничипуренко О.Н. Ингаляционная фитотерапия при воспалительных заболеваниях органов дыхания. Провизор. - №2, 2004.- 7-12 с.
37. Авдеев С.А. Заболевания дыхательных путей. Фармацевтический вестник. - № 5, 2000. - 13-15 с.

38. Геппе Н. А. Небулайзерная терапия при бронхиальной астме у детей // Пульмонология. 1999. С. 42-48.
39. Петров В. И. Смоленов И. В. Бронхиальная астма у детей. Волгоград, 1998, с. 71-76.
40. Полунов М. Я. Основы ингаляционной терапии. Киев, 1962.
41. Эйдельштейн С. И. Основы аэротерапии. М., 1967.
42. Bisgaard H. Patient- related factors in nebulized drug delivery to children // Eur. Respir. Rev. 1997. Vol. 51. № 7. P. 376-377.
43. Colacone A., Wolkove N., Stern E., Afilalo M., Rosenthal T. M., Kreisman H. Continuous nebulization of albuterol (salbutamol) in acute asthma // Chest 1990 Mar; 97(3): 693-7.
44. Grossman J. The evolution of inhaled technology // J. Asthma. 1994. Vol. 31. № 1. P. 55-64.
45. Kemp J. P., Skoner D. P., Szeffler S. J., Walton-Bowen K., Cruz-Rivera M., Smith J. A. Once-daily budesonide inhalation suspension for the treatment of persistent asthma in infants and young children // Ann. Allergy Asthma Immunol. 1999, Sep; 83 (3): 231-9.
46. Muers M. F. Overview of nebuliser treatment Thorax. 1997. Vol. 52. Suppl. 2. P. S25-S30.
47. В.С. Улащик, И.В. и др. Общая физиотерапия: Учебник, Минск, "Книжный дом", 2003 г.
48. В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко Общая физиотерапия: Учебник. - М., 1999 г.
49. Л.М. Клячкин, М.Н. Виноградова Физиотерапия. - М., 1995 г.
50. Пономаренко Г.Н. Физические методы лечения: Справочник. - СПб., 2002 г.
51. В.С. Улащик Введение в теоретические основы физической терапии. - Минск, 1981г.
52. Авдеев С.Н. Использование небулайзеров в клинической практике. – М.: Медицина 2005. – 321 с.
53. Benrimoj S. I., Langford J. H., Homan H. D. et al. // Fund Clin Pharmacol. 1999; 13: 189.
54. Burke P. // Practitioner. 1993; 237: 854–856.
55. Лещенко С.И. Небулайзерная терапия – современный метод лечения больных ХОЗЛ.–Украинский пульманологический журнал. - 2011, № 2.

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

атм. – атмосфер

г - грамм

Ж/Г – жидкая дисперсная фаза в газовой дисперсионной среде

Ж,Г/Г – жидкая и газовая дисперсная фазы в газовой дисперсионной среде

кг – килограмм

км - километр

м – метр

м³ – метр кубический

мг – миллиграмм

мл – миллилитр

мкм – микрометр

мм - миллиметр

мВ – миллиВольт

мГц – миллигерц

м/с – метр в секунду

нм - нанометр

ОРЗ – острое респираторное заболевание

см - сантиметр

СОЭ – скорость оседания эритроцитов

т – тонна

(т) – твердое состояние вещества

Т/Г – твердая дисперсная фаза в газовой дисперсионной среде

Т,Ж/Г – твердая и жидкая дисперсная фазы в газовой дисперсионной среде

Т, Г/Г – твердая и газовая дисперсная фазы в газовой дисперсионной среде

УФ - ультрафиолетовое

ЦНС – центральная нервная система

г – радиус

ЧЕКМАН И.С., СЫРОВАЯ А.О., АНДРЕЕВА С.В., МАКАРОВ В.А.

АЭРОЗОЛИ – ДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ

Монография

Видавництво «Цифрова друкарня №1»

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

серія ДК, №4354 від 06.07.2012 р.



Формат 60x841/16. Папір офсетний.

Друк цифровий. Ум. друк. арк 4,16

Ум. вид. арк 6,0 Тираж 300 екз.

Друк ФЛП Томенко Ю.И.

Адреса: м. Харків, пл. Руднєва, 4

тел. 757-93-82



ЧЕКМАН ИВАН СЕРГЕЕВИЧ – член-корреспондент НАН и НАМН Украины, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой фармакологии и клинической фармакологии Национального медицинского университета имени А. А. Богомольца. Научные исследования посвящены общей фармакологии, биохимической и квантовой фармакологии, нанофармакологии.

СЫРОВАЯ АННА ОЛЕГОВНА – доктор фармацевтических наук, доцент, зав. кафедрой медицинской и биоорганической химии Харьковского национального медицинского университета. Научные исследования посвящены химико-фармацевтическому обоснованию фармакологических свойств композиций, содержащих кофеин, квантовой фармакологии, нанофармакологии.



АНДРЕЕВА СВЕТЛАНА ВИКТОРОВНА – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры медицинской и биоорганической химии Харьковского национального медицинского университета. Научные исследования посвящены изучению применения дисперсных систем в медицине и фармации.

МАКАРОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ – кандидат химических наук, доцент кафедры медицинской и биоорганической химии Харьковского национального медицинского университета. Научные исследования посвящены изучению свойств пластмасс, применяемых в стоматологии и хирургии, установлению закономерностей токсикодинамики химических веществ в условиях холодового стресса.

