

В.М.ЦЕТЛИН

АЭРОЗОЛИ В БЫТУ



ИЗДАТЕЛЬСТВО НАУКА

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Серия
«Наука и технический прогресс»

В. М. ЦЕТЛИН
АЭРОЗОЛИ
В БЫТУ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1978

Ц 53 Цетлин В. М. Аэрозоли в быту.— М.: Наука, 1978.
— 136 с.

В книге с физико-химических позиций рассмотрены применяемые в быту вещества. Показано преимущество применения препаратов в дисперсном состоянии, прежде всего в виде аэрозолей. Рассмотрены методы получения аэрозолей и дано описание соответствующих устройств, используемых в бытовых условиях.

18.5.

Ответственный редактор

академик И. В. ПЕТРЯНОВ-СОКОЛОВ

АЭРОЗОЛИ И ИХ СВОЙСТВА

Форма применяемых препаратов

За последние 15—20 лет научно-техническая революция существенно изменила быт населения. В домашнем обиходе как в городе, так и в сельской местности появилось много ранее не употреблявшихся предметов. Возникла бытовая техника, которая ускорила и облегчила выполнение большого числа трудоемких домашних дел.

Рост жизненного уровня населения и повышение его культуры вызвали новые потребности. Широкое жилищное строительство привело к тому, что мы стали жить просторнее. Изменилась обстановка в квартирах — появилось много предметов, украшающих быт и создающих лучшие условия для отдыха. У многих городских жителей появились дачные участки с садом и огородом. Значительное число людей использует собственные автомобили, мотоциклы, моторные лодки или яхты.

И квартира, и садовый участок, и вся бытовая техника, в том числе автомобиль, нуждаются в постоянном уходе. При этом сфера обслуживания не может взять на себя каждодневные мелкие работы, в связи с чем население многое должно делать самостоятельно. Мы сами должны заботиться о том, чтобы в квартире было чисто, чтобы наша бытовая техника всегда была в исправности.

Существенную помощь при этом оказывает довольно широкий круг химических веществ, используемых в бытовых условиях. Потребность в таких препаратах вызвала к жизни новую отрасль промышленности — бытовую химию. Ее создание стало возможным благодаря развитию современной химической промышленности и выпуску широкого ассортимента химикатов различного назначения.

Однако, как вскоре оказалось, дело не только в том, чтобы иметь разнообразные вещества, обладающие нужными нам свойствами. Существенной является задача их наиболее правильного применения. При этом мы имеем в виду

достижение желаемого результата при наиболее экономном расходовании препаратов, а также обеспечение безвредности веществ для человека. Эти требования зачастую противоречивы. На практике мы всегда должны удовлетворить обоим условиям, поэтому приходится как-то выбирать наиболее приемлемое решение, что далеко не просто, в особенности в бытовых условиях.

Рассмотрим следующий простой пример. Кусок каменного угля, мука или сахар в пакетах в пожарном отношении не представляют опасности и могут храниться достаточно долго. Однако известно, что взвешенная в воздухе шахт мелкая угольная пыль, мучная пыль на мельницах или сахарная пыль на заводах весьма опасны. Достаточно появиться искре, чтобы последовал взрыв. И такие случаи имели место, когда не выполнялись все предусмотренные правила техники безопасности.

Описанный пример показывает, что вещества, будучи сильно измельченными (диспергированными) приобретают новые свойства — они становятся более активными, более реакционноспособными. В частности, в рассмотренных случаях речь шла о взаимодействии взвешенных в воздухе частиц с кислородом воздуха. Данное явление может быть использовано в интересах человека. Придавая веществам за счет дробления большую активность, мы можем уменьшить их расход и повысить скорость взаимодействия между ними. Так, для повышения скорости горения угля и полноты сгорания его направляют в топку котлов электростанций в тонко измельченном виде. То же имеет место в двигателях внутреннего сгорания, куда жидкое топливо подается в диспергированном виде.

Хорошо известно, что быстрее, лучше и экономнее можно покрасить стены комнаты или покрыть лаком мебель, если вместо кисти использовать пульверизатор, дающий струю краски в виде мелких капель. То же можно сказать и о растворах ядохимикатов, применяемых для защиты растений на садовом участке.

Эти всем известные факты имеют глубокое физико-химическое обоснование.

Окружающий нас мир состоит из газообразных, жидких и твердых тел. Все они соприкасаются друг с другом. Поверхность соприкосновения между телами получила название поверхности раздела. Так, вода, налитая в стакан, образует несколько поверхностей раздела — вверх

на границе с воздухом, а также по бокам и внизу на границах с поверхностью стакана. Стакан соприкасается с окружающим воздухом, его дно — с поверхностью блюда или стола, на котором он стоит.

Аналогично все твердые предметы, которыми мы пользуемся, имеют поверхность раздела на границе с воздухом. Если то или иное тело погрузить в жидкость, то появится поверхность раздела, условно называемая твердое тело—жидкость. В повседневной жизни мы наиболее часто встречаемся с поверхностями раздела, где твердое тело соприкасается с газом (воздухом). Это естественно, ибо и мы сами, и все предметы на Земле окружены воздушной атмосферой.

Таким образом, мир, в котором мы живем, представляет собой неоднородную (гетерогенную) систему. Ее главной особенностью является наличие поверхностей раздела между однородными частями (фазами), отличающимися друг от друга по составу или свойствам.

При этом части неоднородной системы могут состоять и из одних и тех же молекул. Например, жидкость и ее насыщенный пар представляют собой гетерогенную систему, состоящую из двух гомогенных частей, внутри которых отсутствуют поверхности раздела. В свою очередь однородные системы в ряде случаев образуются разнородными молекулами. В частности, газовые смеси, растворы, как жидкие, так и твердые, являются однородными (гомогенными) системами.

Резкой границы между гетерогенными и гомогенными системами провести невозможно. Промежуточное положение между ними занимают так называемые микрогетерогенные системы, состоящие из веществ, находящихся в измельченном (диспергированном) состоянии. Такие системы получили название дисперсных.

Дисперсная система состоит из измельченного вещества и той среды, в которой оно распределено. В рассмотренных выше случаях это были частицы угля, муки или сахара, взвешенные в воздухе. Примером дисперсной системы могут служить облака, представляющие собой скопление капелек воды в атмосфере, молоко, состоящее из мелких частиц жира, взвешенных в воде. Воды любой реки, содержащие большое число твердых частиц, также являются частным случаем дисперсных систем. В повседневной жизни наиболее часто встречаются такие образо-

вания, в которых измельченные жидкие или твердые частицы распределены в газе или жидкости.

Та сплошная среда, в которой находятся мелкие частицы, получила название дисперсионной, а распределенные в ней кристаллики, капельки или пузырьки называют дисперсной фазой. В примерах с углем, мукой, с сахаром или облаками дисперсионной средой является воздух, а в молоке — вода.

Частицы дисперсной фазы малы по сравнению с массивными окружающими телами, но велики по сравнению с молекулами, состоящими из сравнительно небольшого числа атомов.

Дисперсные системы весьма широко распространены в природе, технике и быту. Межзвездная материя состоит главным образом из газов и пыли, причем размер пылинок, содержащихся в космическом пространстве, обычно не превышает $3 \cdot 10^{-5}$ см. Кометы являются газо-пылевыми облаками. На Земле многие минералы представляют собой дисперсные системы с твердой дисперсионной средой. Почва (поверхностный слой земной коры) является сложной дисперсной системой, состоящей из различных минеральных частиц и органических веществ.

Строительные материалы, краски, лаки, асфальт, бумага, большая часть одежды и обуви (текстильные ткани, искусственные волокна, кожа, резина), многие продукты питания (хлеб и другие изделия из теста, мясо и мясопродукты, рыба, молоко, масло, сыр, творог, овощи, фрукты, повидло, желе и т. д.), большинство лекарств и косметических средств являются дисперсными системами.

Вероятно, многие наблюдали за ярко светящимися пылинками в луче солнечного света, проникающем в затемненное помещение. Пылинки видны на темном фоне потому, что они рассеивают свет. Если отодвинуть шторы, то находящуюся в воздухе пыль мы уже не заметим. Описанное явление можно наблюдать практически в любом помещении и в природе (при подходящих условиях освещения).

Велико значение дисперсных систем для биологии. Мышечные и нервные клетки, волокна, гены, вирусы, протоплазма — все это дисперсные системы. Такие биологические жидкости животных организмов, как кровь, плазма, лимфа, спинно-мозговая жидкость представляют собой дисперсные системы, в которых ряд веществ, напри-

мер белки, холестерин, гликоген и др., находятся в диспергированном состоянии. То же можно сказать о белках, крахмале, слизях и камедях в растениях.

Приведенный перечень, который не претендует на полноту, показывает, что существование современной цивилизации, человека и всего биологического мира связано с дисперсными системами.

Как уже говорилось, предварительный перевод веществ в диспергированное состояние перед их применением значительно повышает эффективность препаратов. Это связано со следующими обстоятельствами.

Молекулы могут взаимодействовать друг с другом лишь при столкновениях. Если в однородных системах — в газовых смесях или растворах — столкнуться могут любые частицы, то иначе обстоит дело в процессах, протекающих в неоднородных системах, например, с участием твердого вещества. Очевидно, что в последнем случае взаимодействовать могут только частицы, находящиеся на поверхности твердого тела (на поверхности раздела фаз). Поэтому в неоднородных системах химические реакции всегда происходят на поверхностях раздела фаз, в частности на поверхностях, отделяющих твердое тело от газа или жидкости, так как только здесь молекулы того и другого вещества сталкиваются между собой. Отсюда следует, что в условиях, когда реагирующие вещества образуют неоднородную систему, скорость реакции будет зависеть не только от природы реагирующих веществ, от их концентрации, температуры, давления, присутствия катализатора, но и от величины поверхности соприкосновения между фазами. Чем чаще будут сталкиваться молекулы обеих фаз, тем быстрее будет идти процесс их взаимодействия. Поэтому увеличение поверхности соприкосновения фаз приводит к увеличению скорости реакции между ними.

Большое значение для этого процесса имеет также диффузия, благодаря которой к поверхности раздела притекают новые порции взаимодействующих веществ. Очевидно, что чем больше будет поверхность соприкасающихся фаз, тем большее количество веществ сможет продиффундировать, что приведет к увеличению скорости их взаимодействия.

Поверхность соприкосновения веществ можно увеличить за счет их измельчения (диспергирования). Возьмем кубик какого-либо вещества с длиной ребра в 1 см. Куб

имеет 6 граней, поэтому площадь поверхности его составляет 6 см^2 . Если такой кубик разделить на более мелкие кубики, имеющие длину ребра в 1 мм , то мы получим 1000 кубиков. Площадь поверхности каждого маленького кубика будет равна 6 мм^2 , а всех 1000 штук — 6000 мм^2 или 60 см^2 . При дальнейшем дроблении вещества, например, на кубики с длиной ребра, равной 1 мкм , их число составит 10^{12} штук, а общая поверхность достигнет 6 м^2 . Если длина ребра будет $0,01 \text{ мкм}$, то мы сможем получить 10^{18} кубиков с общей поверхностью в 600 м^2 .

В процессе дробления кубика масса и объем вещества не менялись, но при этом возрастала поверхность соприкосновения его, например, с окружающим воздухом. Другими словами, происходил рост поверхности, приходящейся на единицу массы вещества, или, как говорят, увеличивалась удельная поверхность. А это, как мы показали, ведет к повышению скорости взаимодействия веществ. Таково влияние геометрического фактора.

Вещества, переведенные в мелкодисперсное состояние, приобретают свойства, которые не наблюдались ранее, когда они были в виде тел больших размеров. Многие характеристики, обычно не зависящие от размеров тел, при диспергировании не только претерпевают изменение, но и становятся функцией размеров частиц. Например, мелкие частицы обладают более интенсивной окраской, большей прочностью и твердостью, чем более крупные частицы того же вещества. Во многих случаях перевод в дисперсное состояние заметно повышает растворимость веществ в таких растворителях, в которых они ранее практически не растворялись. Наряду с этим появляются совершенно новые свойства, характерные только для высокодисперсных систем: светорассеяние, интенсивная адсорбция, коагуляция и др.

Работа, затраченная при дроблении веществ на разрыв связей между молекулами, превращается в потенциальную энергию ненасыщенных связей на границах раздела фаз. Вследствие большого увеличения площади поверхности раздела в процессе диспергирования веществ эта избыточная поверхностная энергия достигает значительной величины. Следовательно, вещество в мелкодисперсном состоянии обладает большей энергией, а поэтому и большей активностью, нежели неизмельченное вещество, имеющее тот же химический состав.

Благодаря наличию ненасыщенных связей на границах раздела частицы дисперсной фазы могут притягивать из окружающей их дисперсионной среды находящиеся в ней молекулы или ионы (при этом будет происходить адсорбция), молекулы самой среды (процесс сольватации) или другие частицы дисперсной фазы (процесс коагуляции).

Частицы дисперсной фазы, имеющие достаточно большую массу, под действием силы тяжести будут оседать (седиментировать). Это приведет к выпадению частиц в осадок, если они достаточно тяжелы, либо к установлению в системе определенного распределения частиц по высоте.

Свойство дисперсной системы сохранять равномерное распределение частиц по всему занимаемому объему называют седиментационной или кинетической устойчивостью системы.

Дисперсные системы при достаточно высокой степени измельчения дисперсной фазы, будучи термодинамически неравновесными и, следовательно, неустойчивыми, в то же время кинетически устойчивы: частицы, находясь в тепловом движении, остаются во взвешенном состоянии и не оседают на дно сосуда. Это связано с тем, что с уменьшением размера частиц их вес, вызывающий оседание, уменьшается намного быстрее, чем сила трения, ибо сила трения для частиц шарообразной формы пропорциональна величине их радиуса, а сила тяжести — кубу величины радиуса. Укрупнение коллоидных частиц приводит к потере кинетической устойчивости, что эквивалентно разрушению коллоидной системы и превращению ее в грубодисперсную.

Основной величиной, определяющей свойства дисперсной системы, является размер частиц, которые ее образуют. Природные и искусственно получаемые дисперсные системы являются в той или иной степени полидисперсными. Это такие системы, размеры частиц которых лежат в широком интервале, в отличие от монодисперсных систем, размеры частиц которых одинаковы.

Для характеристики дисперсных систем часто используют арифметический средний диаметр частиц, средний квадратичный (средний по поверхности) диаметр, средний кубический (средний по объему, или средний весовой) диаметр, средний эквивалентный диаметр, равный тому

диаметру, который имели бы частицы одинакового размера, если бы их общая поверхность и их общий объем были бы такими же, как и в системе, состоящей из частиц различных размеров.

Кроме того, полидисперсные системы часто оценивают по величине весового (счетного) медианного диаметра частиц d_m . Последний определяется условием, что масса

Таблица 1

Классификация дисперсных систем в зависимости от размеров частиц дисперсной фазы

Системы	Размеры частиц, мкм
Грубодисперсные	10^3-1
Коллоидные	$10^{-1}-10^{-2}$
Макромолекулярные	$\sim 10^{-3}$
Молекулярные и атомные	$\sim 10^{-4}$

частиц (число частиц) диаметром $> d_m$ составляет половину всей массы (числа) частиц. Таким образом, средне-массовый диаметр частиц делит систему на две равные по массе части: одна часть (50%) состоит из частиц меньше этого размера, другая часть (50%) — из частиц больше этого размера.

Средние значения размеров частиц, определяемые разными способами, отличаются друг от друга. При этом чем ближе система к монодисперсной, тем меньше разница между различными средними. Пользуясь отношением различных средних диаметров частиц, можно характеризовать степень полидисперсности системы. Отметим, что для монодисперсной системы все средние значения диаметров будут совпадать между собой.

В зависимости от размеров частиц дисперсной фазы системы могут быть разделены на группы, представленные в табл. 1.

Для предельно малых частиц в высокодисперсных коллоидных системах начинает теряться представление об агрегатном состоянии данного тела (дисперсной фазы). Дальнейшее диспергирование дисперсной фазы, если бы оно оказалось возможным в данной среде, привело бы к

образованию гомогенной (однофазной) системы — истинного раствора, в котором уже нет внутренних поверхностей раздела в статистическом смысле.

Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию фаз представлена в табл. 2.

Таблица 2

Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию фаз

Дисперсионная среда	Дисперсная фаза		
	Газообразная	Жидкая	Твердая
Газообразная	Безграничное (молекулярное) смешение	Аэрозоли	
		Туман	Пыль, дым
Жидкая	Пены, газовые эмульсии	Эмульсии	Суспензии
		Коллоидные растворы (золи) и гели	
Твердая	Ксерогели: пенные материалы, сорбенты	Жидкие включения в твердых телах (кристаллах)	Твердые золи (например, рубиновое стекло)

Среди приведенных систем в быту наибольшее распространение имеют аэрозоли. Это связано с тем, что средой обитания человека является атмосфера и дисперсионной средой для веществ, которые мы диспергируем в процессе применения в быту, может быть только воздух. Следовательно, всегда, когда диспергируемые препараты должны быть распределены в объеме (например, в помещении), образующаяся при этом система по необходимости является аэродисперсной системой со свободными частицами дисперсной фазы — аэрозолем. В аэрозольное состояние могут переводиться тем или иным способом как растворы веществ, так и препараты в виде эмульсий и суспензий.

Образование аэрозолей

Сложное слово «аэрозоль» состоит из двух частей. «Аэр» — по гречески означает воздух. Термином «золь» обычно пользуются для обозначения коллоидного раствора, где

не связанные друг с другом частицы имеют размер от 10^{-5} до 10^{-7} см. По аналогии с коллоидными растворами аэродисперсные системы со свободными частицами дисперсной фазы называют аэрозолями. Термином «аэрозоль» пользуются во всех случаях, когда речь идет о системах, состоящих из газа и взвешенных в нем свободных частиц твердого тела или жидкости. Размеры частиц в аэрозолях могут колебаться в очень широких пределах — от 0,001 мкм до сотен микрометров.

Аэрозоли являются частным случаем аэродисперсных систем — микрогетерогенных систем, одним из компонентов которых является газ (в большинстве случаев воздух). Последний может служить дисперсионной средой, и тогда система носит название аэрозоля, либо же дисперсной фазой, как это имеет место в случае жидких пен или эмульсий газа в жидкости. К аэродисперсным системам относятся образования с твердой дисперсионной средой — твердые пены-ксерогели, пенистые материалы, сорбенты. Из названных систем в быту получили распространение аэрозоли и жидкие пены.

До сих пор не существует единой, общепринятой классификации аэрозолей. Аэрозоли классифицируют по агрегатному состоянию фаз, по размерам частиц, по методам образования, по подвижности. Такое многообразие не случайно. Это обусловлено большими трудностями создания единой классификации, которая бы учитывала все или хотя бы большинство свойств аэрозолей. В зависимости от агрегатного состояния взвешенных частиц аэрозоли делятся на системы с жидкой (туманы) и твердой (пыль, дым) дисперсной фазой.

В туманах частицы имеют сферическую форму, сохраняющуюся при слиянии капелек. Твердые частицы аэрозолей представляют собой либо кристаллики, либо неправильной формы обломки (в пылях). При слипании (коагуляции) твердых частиц образуются агрегаты, которые нередко имеют форму простых или разветвленных цепочек.

В зависимости от характера распределения частиц по размерам различают аэрозоли моно- и полидисперсные. Первые содержат частицы примерно одинаковых размеров, у вторых размеры частиц значительно различаются. Полидисперсные и сравнительно грубодисперсные аэрозоли образуются при использовании методов измельче-

ния (диспергирования). Более однородные и высокодисперсные аэрозоли получаются при конденсации паров.

Среди природных аэрозолей или образующихся в результате разнообразных технологических процессов монодисперсные системы не встречаются. Они могут быть получены искусственным путем и обычно используются в исследовательских целях.

Аэрозоли окружают человека в течение всей жизни. Природный туман, атмосферные облака и дождь представляют собой аэрозоли с жидкой дисперсной фазой. Окружающая Землю атмосфера содержит твердые частицы различного происхождения. Это — метеоритная пыль, поступающая из космического пространства в виде микрометеоров или образующаяся в атмосфере из расплавленных остатков более крупных метеоров. Источником пыли является также рыхлая почва, частицы которой попадают в атмосферу под действием ветра. Дисперсные системы образуются в результате дробления и истирания твердых пород под действием сил прибоя, в приливно-отливных явлениях, при разрушении и истирании пород ледниками и водами, в процессах выветривания и выщелачивания, а также в результате раскалывания по трещинам при замерзании воды. Часть атмосферной пыли имеет органическое происхождение. Она может состоять из живых и мертвых организмов или их остатков, в частности, микроорганизмов — бактерий и вирусов. В атмосферной пыли содержатся также элементы растительного мира — семена высших растений, различного вида пыльца и споры тайнобрачных, водоросли, волокна, пыльца злаков и деревьев и т. д.

Пыль есть практически везде. Ветер переносит ее на очень далекие расстояния: например, в Норвегии обнаруживалась пыль пустыни Сахары, а в Европе — вулканическая пыль с островов Индонезии. При малейшем дуновении ветра поднимается в воздух не только масса мелких пылинок, но вместе с ними и микроорганизмы. Однако микроорганизмы не носятся в воздухе свободно. Они являются своеобразными «пассажирами» частиц пыли и переносятся с нею. Чем меньше пыли, тем меньше бактерий в воздухе, а следовательно, тем меньше их попадает к нам в дыхательные пути и легкие.

Чем выше над поверхностью Земли, тем микроорганизмов меньше. В горном воздухе их не так много, как в

воздухе узких и пыльных улиц. Очень мало микроорганизмов над морем, вдаль от берегов, еще меньше — в воздухе далеких районов Арктики и Антарктиды.

В воздушной среде микроорганизмы не способны размножаться, так как в воздухе отсутствуют необходимые питательные вещества и микроорганизмы подвергаются действию ряда неблагоприятных факторов (высушивание, действие видимого света и ультрафиолетового излучения, колебания температуры и др.).

Изменение содержания микроорганизмов и пыли в воздухе тесно связано с влиянием метеорологических факторов. Так, выпадающие осадки (дождь, снег) вымывают микрофлору и пыль из атмосферного воздуха. Противоположное влияние оказывает ветер. С увеличением скорости токов воздуха содержание микроорганизмов и пыли в воздухе повышается.

Загрязненность атмосферы во многом зависит от ландшафта, вида растительности, типа почвы. Более высокое содержание микроорганизмов и пыли имеет место над территориями с открытой поверхностью сухой почвы, где отсутствует травяной покров.

Микроорганизмы, находящиеся в атмосферном воздухе, существенно отличаются от тех, которые присутствуют в воздухе закрытых помещений. В жилых помещениях присутствие значительной части микроорганизмов связано с жизнедеятельностью человека.

В помещениях воздух всегда подвержен конвекции (средняя скорость его перемещения составляет 5—10 см/сек), причем конвекционные токи воздуха особенно значительны вблизи обогревателей, около дверей и окон, где скорость воздушных течений достигает 50—100 см/сек. Это ведет к тому, что в помещениях микроорганизмы (и пыль) все время находятся во взвешенном состоянии. Наименьшее их число бывает в ночные часы (в период покоя), наибольшее — во время активной деятельности людей в помещениях, за счет того, что микроорганизмы, связанные с частицами пыли, поднимаются в воздух с пола и предметов.

Частицы пыли и связанные с ними микроорганизмы имеют довольно большие размеры, и под действием силы тяжести они сравнительно быстро оседают из воздуха на пол, мебель и другие предметы. Там они находятся до тех пор, пока под действием указанных выше причин

вновь не попадут в воздух. В результате микроорганизмы длительно циркулируют в помещениях, то оседая на пол и предметы, то вновь поступая в воздух, образуя так называемые «вторичные аэрозоли».

Основным источником болезнетворных микроорганизмов является больной человек или носитель, у которого эти микроорганизмы развиваются на слизистой оболочке носоглотки. При чиханье и кашле, во время разговора человек выделяет в воздух капли слюны, слизи, в которых содержатся микроорганизмы, находящиеся в дыхательных путях и в полости рта. Наибольшее количество капель, а потому и микроорганизмов, выделяется при чиханье. При кашле выделяется гораздо меньше капель. Число частиц в единице объема воздуха помещения различно — оно максимально вблизи больного. Капли довольно различны по своей величине — от 1 до 2000 мкм (основная масса имеет размеры от 2 до 100 мкм).

Имея запас кинетической энергии, полученной при чиханье и кашле, капли размером более 100 мкм могут распространяться от больного на расстояние более 3 м. Более мелкие капли летят на расстояние до 1 м. В зависимости от размеров капли с той или иной скоростью оседают на пол и окружающие предметы, постепенно испаряются, а микроорганизмы сцепляются с частицами пыли и в таком виде могут поступать в воздух.

Наряду с естественной пылью космического и земного происхождения в атмосферу попадает пыль, обусловленная деятельностью человека. Так, пыль образуется при сжигании топлива за счет уноса частиц при разгрузке, за счет продуктов неполного сгорания, выводимых через трубы, и золы, оставшейся после сжигания топлива.

Разнообразная пыль возникает во многих технологических процессах, связанных с измельчением твердых тел, пересыпанием и транспортированием сыпучих материалов, когда их частицы захватываются и уносятся в атмосферу потоком воздуха. Образование аэрозолей (пыль, туман) сопутствует большому числу процессов химической технологии в металлургии, пищевой и легкой промышленности, когда частицы увлекаются отходящими технологическими и вентиляционными газами.

Главными загрязнителями воздуха являются дым, поднимающийся из миллионов труб печей электростанций, заводов и фабрик, и выхлопные газы автомобилей.

Самые серьезные проблемы возникают по той причине, что потребляемое топливо — уголь, бензин, керосин — обычно сгорает не полностью.

Всякий раз, когда бензин не полностью сгорает в двигателе, из выхлопной трубы автомобиля вьется легкий дымок, содержащий углеводороды. Если эти вещества попадают в атмосферу при ярком солнце, то они реагируют с присутствующими там окислами азота и образуют ряд вредных для организма веществ.

Одним из часто встречающихся побочных продуктов сгорания топлива является сернистый газ. Окисляясь на воздухе под действием солнечного света до серного ангидрида и реагируя с атмосферной влагой, этот газ образует аэрозоль серной кислоты.

При неблагоприятных погодных условиях аэрозоли, возникающие от выхлопных газов автомобилей, и дым, выбрасываемый из труб, в сочетании с природным туманом образуют смесь, называемую смогом *. Смог оказывает вредное действие на здоровье людей и значительно уменьшает прозрачность атмосферы.

В связи с задачами уменьшения загрязнения атмосферы и необходимостью полного и комплексного использования всех ценных составляющих сырья на промышленных предприятиях широко применяют специальные установки для улавливания пыли и очистки газов. Методы улавливания основаны главным образом на механических и электростатических воздействиях на движущиеся частицы.

Можно сказать, что пыль появляется там, где имеет место перемещение каких-либо соприкасающихся тел относительно друг друга. Так, при движении транспорта возникает пыль, обусловленная изнашиванием поверхности колес и мостовых или рельсов. Источником пыли являются и приводные механизмы транспорта.

В повседневной жизни людей, в быту также происходит образование аэрозолей. Изнашивание платья и белья, ковров и обивки мебели приводит к появлению в воздухе пыли, состоящей из волокон. Кроме того, в помещениях возникает пыль от истирания обуви, от износа полов и стен, от пищевых отходов.

* Термин «смог» («smog»), означающий «дымотуман», произошел от двух английских слов: smoke — дым и fog — туман.

Мы рассмотрели некоторые случаи образования аэрозолей естественным путем и в результате жизнедеятельности человека. Во многих процессах их возникновение является нежелательным, так как оно приносит вред людям, и мы стремимся к разрушению аэрозолей. Однако используя новые свойства веществ, возникающие при их диспергировании, принимая эффективные меры по охране атмосферы от загрязнений, человечество широко использует аэрозоли как прогрессивную форму применения значительного числа препаратов в быту, медицине, сельском хозяйстве, а также в различных технологических процессах.

Свойства аэрозолей

Скорость падения (седиментации) частиц под действием силы тяжести, степень осаждения на предметы, которые обтекает аэрозоль на своем пути, доля частиц, которые сносятся ветром при обработке растений аэрозолями ядохимикатов в целях защиты их от вредителей, рассеяние частиц аэрозолей в атмосфере, скорость испарения и поведение частиц при соприкосновениях и соударениях с другими частицами и поверхностями различных тел, приобретение или утрата частицами электрических зарядов, смачивание тех или иных поверхностей и прилипание к ним, а также ряд других свойств частиц аэрозолей в большой мере зависят от их размеров. Таким образом, важнейшей характеристикой аэрозоля является размер частиц, которые его образуют, — дисперсность. При этом наряду со средним размером капель или пылинок весьма важно знать распределение частиц по размерам, т. е. как часто повторяются капли или пылинки одинаковых размеров или каково относительное число капель или пылинок разных размеров, содержащихся в аэрозоле.

На рис. 1 показана зависимость повторяемости числа частиц (в %) от их размера d . В случае системы, близкой к монодисперсной, отличия в минимальных $d_{\text{мин}}$ и максимальных $d_{\text{макс}}$ размерах частиц невелики; для полидисперсной системы они значительны. Первая кривая характеризуется наличием резкого максимума (наиболее вероятный размер частиц d_n), вторая имеет пологую форму. Чем больше основание кривой, т. е. чем значи-

тельное разность $d_{\text{макс}} - d_{\text{мин}}$, тем более полидисперсным является аэрозоль.

Нижняя граница размеров частиц аэрозоля, образующегося при конденсации паров, относится к области размеров молекул, вернее, размеров молекулярных агрегатов. В случае диспергирования твердых тел нижняя граница размеров частиц для веществ с достаточно прочной



Рис. 1. Зависимость повторяемости числа частиц от их размера

кристаллической решеткой соответствует двум-трем молекулярным диаметрам. В аэрозолях размер сферических частиц полностью определяется одной-единственной величиной — их диаметром. Величину частиц неправильной формы (например, пыли) характеризуют различными способами. Однако в любом случае знания размера частиц в каком-нибудь одном направлении недостаточно для определения всех свойств, зависящих от линейных размеров.

Частицы пыли иногда характеризуют с помощью так называемых факторов формы, например коэффициентом сферичности, представляющим собой отношение поверхности сферы, имеющей объем, равный объему данной частицы, к поверхности последней. Обратная величина называется коэффициентом неровности, или угловатости.

Общепринятой классификации аэрозолей по степени дисперсности нет. Обычно различают высокодисперсные и грубодисперсные системы. В одних случаях к первым относят образования с частицами размером менее 0,1 мкм, в других — до 1 мкм, в третьих — от 0,5 до 5 мкм. Примером высокодисперсного аэрозоля может служить синеватый дым от горящей папиросы, частицы которого имеют размер до 0,3 мкм. Дорожная, цементная или угольная пыль, природный туман образуют грубодисперсные аэро-

золи. В целом в аэрозолях как естественного происхождения, так и образующихся в результате деятельности людей, мелкие частицы встречаются гораздо чаще, нежели крупные.

В зависимости от величины диаметра капель аэрозоли с жидкой дисперсной фазой (туманы) условно могут быть разделены на группы (табл. 3).

Таблица 3

Классификация туманов по степени их дисперсности

Вид дисперсных систем	Средний диаметр капель (по массе), мкм	Вид дисперсных систем	Средний диаметр капель (по массе), мкм
Высокодисперсные	0,5—5	Мелкокапельные	100—250
Среднедисперсные	5—25	Крупнокапельные	250—400
Низкодисперсные	25—100		

Приведенный перечень систем можно продолжить как в сторону более мелких частиц, так и в сторону более крупных. Приведем некоторые примеры аэрозолей, встречающихся в природе.

Разнообразные биологические объекты, которые находятся в воздухе (аэропланктон), имеют размеры, лежащие в широких пределах — от 0,01 мкм для мелких вирусов, до 50—100 мкм для наиболее крупных объектов — спор мхов и папоротников.

Космические пылинки имеют диаметр порядка 0,2 мкм, а микрометеориты — не более 8 мкм. Вблизи поверхности Земли преобладают частицы пыли размером до 20 мкм, а на высотах 1—2 км в основном встречаются пылинки, имеющие диаметр 0,7—2,0 мкм. В нижних слоях атмосферы пылинки, поднятые сильным ветром, могут достигать 1000 мкм (1 мм) в диаметре.

Облака в атмосфере состоят из капель различных диаметров — от 8 до 50 мкм. Более крупные капли тоже существуют в облаках, но в небольшом количестве. Средний диаметр капель в облаках и туманах составляет 10—14 мкм.

Капли дождя имеют диаметр примерно от 0,5 до 6 мм, а капли измороси — от 0,05 до 0,5 мм. Размеры

снежинок различной формы колеблются от 1,5 до 4,0 мм.

В связи с приведенными данными следует указать на ошибочность деления аэрозолей на «истинные аэрозоли» и «мелко- или крупнокапельные системы». Все аэродисперсные системы со свободными частицами дисперсной фазы вне зависимости от размера последних и времени существования системы относятся к аэрозолям. Поведение же частиц в аэрозолях будет различным в зависимости от их размеров. Для различных областей размеров либо изменяется характер действия законов, либо действуют совершенно различные законы.

Свойства аэрозолей во многом отличны от свойств эмульсий или суспензий. Определяющим в данном случае является то, что дисперсионной средой служит газ (воздух).

Поведение аэрозоля будет зависеть от того, состоит ли система из капель или твердых частиц, от общей массы всех частиц в единице объема аэрозоля и от числа частиц в этом объеме — другими словами, от весовой и счетной концентраций. На свойства аэрозолей оказывают влияние форма первичных (неагрегированных) частиц, степень их агрегации, форма агрегатов и заряд частиц.

Особенностью аэрозолей по сравнению с другими дисперсными системами является то, что для них действие различных физических законов в значительно большей степени зависит от размера частиц. Свойства аэрозоля в целом, поведение всей системы, содержащей частицы различных размеров, определяется как средним размером капель или пылинок, так и всем диапазоном изменения их диаметров, а также долями частиц, имеющих определенные размеры.

В отличие от коллоидных растворов и дисперсных систем с жидкой дисперсионной средой в аэрозолях во многих случаях отсутствует какое бы то ни было взаимодействие между частицами и средой. Однако друг с другом капельки или пылинки взаимодействуют весьма активно. Это связано с тем, что в аэрозолях нет сил, которые бы препятствовали сцеплению частиц между собой, как это имеет место в коллоидных растворах. В равной степени сказанное относится и к взаимодействию частиц аэрозоля с окружающими телами — стенами помещения или какими-либо предметами, находящимися в объеме, где появляется аэрозоль. Поэтому в большинстве случаев каждое со-

прикосновение частиц друг с другом или частицы и стенки приводит к слипанию. Таким образом, пользуясь научной терминологией, можно сказать, что аэрозоли полностью лишены агрегативной устойчивости.

Как показывает практика, любой аэрозоль с течением времени разрушается. Наиболее важной и общей причиной в данном случае является действие силы тяжести на взвешенные частицы.

Действующая на частицу сила тяжести пропорциональна ее массе, которая в свою очередь тем больше, чем больше ее объем. Последний же для капель сферической формы увеличивается пропорционально кубу величины их радиуса. Падая под действием силы тяжести, капли испытывают со стороны воздуха сопротивление, которое для малых частиц возрастает пропорционально скорости падения и радиусу капель. Поэтому любая частица, падая вначале с ускорением, с течением времени приобретает такую скорость, при которой сила сопротивления делается равной силе тяжести. С этого момента частицы падают равномерно, с установившейся скоростью. Для частиц размером от 0,2 до 100 мкм установившаяся скорость оседания (седиментации) пропорциональна квадрату их радиуса и плотности вещества и обратно пропорциональна вязкости воздуха.

По закону Стокса, если пренебречь плотностью газа, которая обычно много меньше плотности вещества частицы, скорость оседания частиц V пропорциональна квадрату их диаметра d и плотности ρ : $V = \alpha d^2 \rho$.

Здесь $\alpha = g/18\eta$ (η — вязкость газа, g — ускорение свободного падения).

Путь h , пройденный частицами под действием упомянутых сил за время τ , может быть вычислен по формуле:

$$h = V \cdot \tau = \alpha d^2 \rho \tau,$$

откуда время оседания

$$\tau = \frac{h}{\alpha d^2 \rho}.$$

Из приведенных формул видно, что даже сравнительно небольшое увеличение размера частиц вызывает существенное увеличение скорости их седиментации и соответственно уменьшение времени оседания. Так, если радиус капли возрастет в 10 раз, то скорость падения увеличит-

ся в 100 раз. Для крупных капель радиусом более 1000 мкм (1 мм) приведенная выше зависимость изменяется: скорость их падения пропорциональна квадратному корню из величины радиуса, т. е. при увеличении размера в 10 раз скорость возрастает только примерно в 3 раза.

Чем меньше размер капли, тем меньше и установившаяся скорость падения. С уменьшением размера частиц их вес, вызывающий оседание, уменьшается намного быстрее, чем сила сопротивления, так как сила тяжести пропорциональна кубу величины радиуса капли, а сила сопротивления — лишь первой степени величины радиуса.

Таблица 4

Скорость оседания частиц водяного тумана в воздухе

Вид дисперсных систем	Скорость оседания, см/сек	Время оседания в помещении высотой 3 м
Высокодисперсные	0,00075—0,075	4,63 сут—1,1 ч
Среднедисперсные	0,075—1,9	1,1 ч—2,6 мин
Низкодисперсные	1,9—27	2,6 мин—11,1 с
Мелкокапельные	27—95	11,1—3,2 с
Крупнокапельные	95—162	3,2—1,9 с

В табл. 4 приведены приближенные значения скоростей и времени оседания водяных капель аэрозолей различных групп, упомянутых в табл. 3.

Приведенные в табл. 4 данные относятся к спокойному воздуху при 20° С и нормальном давлении.

В помещениях, как и в атмосфере, обычно существуют конвекционные токи — воздух перемещается как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Очевидно, что вертикальное перемещение воздушных масс будет влиять на скорость падения капель. В особенности это отражается на движении мелких частиц. Кроме того, необходимо принять во внимание и испарение частиц, что также (в первую очередь для мелких частиц) будет отражаться на скорости их оседания. Однако приведенные данные все же показывают, что в условиях закрытого помещения только высокодисперсные аэрозоли воды будут сохраняться более или менее длительное время без заметного разрушения.

Из-за малой вязкости воздуха частицы аэрозолей под действием силы тяжести оседают быстрее, нежели такие же капли эмульсии или частицы суспензии. Осаждение аэрозолей происходит быстрее еще и потому, что плотность дисперсионной среды — газа — меньше, чем у жидкости, а сила, действующая на частицы и вызывающая их падение, пропорциональна разности плотностей дисперсной фазы и дисперсионной среды, которая для аэрозолей достаточно велика.

Если закурить в комнате, то даже при совершенно спокойном воздухе можно наблюдать, как облачко дыма над папиросой начнет рассеиваться и запах будет ощущаться по всему помещению. Это происходит главным образом в результате беспорядочного движения воздуха, которое имеет место в любом помещении. Известную роль здесь играет и диффузия, происходящая в результате броуновского движения частиц аэрозоля.

По закону Эйнштейна при броуновском движении среднее значение квадрата смещения частицы Δx за промежуток времени τ вдоль оси X или любой другой оси пропорционально величине этого промежутка времени:

$$\overline{\Delta x^2} = 2D\tau,$$

где D — коэффициент диффузии частицы.

$$D = \frac{kT}{3\pi\eta d},$$

где k — константа Больцмана, T — абсолютная температура, η — вязкость газа, d — диаметр частиц аэрозоля.

Подставляя значение D в выражение для Δx , получим формулу

$$\overline{\Delta x^2} = \frac{2}{3} \frac{kT}{\pi\eta d} \cdot \tau.$$

Следовательно, чем меньше размер частицы, тем интенсивнее она будет перемещаться.

Скорость диффузии обратно пропорциональна вязкости среды. Поэтому рассеяние частиц аэрозоля идет значительно быстрее, нежели диффузия частиц такого же размера в жидкости, так как вязкость газа гораздо меньше вязкости любой жидкости.

С увеличением размера частиц скорость оседания быстро возрастает. Скорость же диффузии, наоборот, растет

с уменьшением частиц. Поэтому продолжительность жизни аэрозолей с частицами крупнее 1 мкм (в условиях незначительной коагуляции) определяется в основном седиментацией, а при частицах мельче 0,1 мкм — диффузией к стенкам, происходящей благодаря конвекционным токам.

В связи с этим особенно неустойчивы аэрозоли с наиболее крупными и наиболее мелкими частицами. Неустойчивость первых связана с очень большой скоростью оседания, вторых — со значительной интенсивностью броуновского движения частиц, в результате которого каждая частица за короткое время достигает поверхностей, ограничивающих объем, где находится аэрозоль, или встречается с другой частицей, что приводит к слипанию (коагуляции).

Путь, пройденный частицей аэрозоля за 1 с под действием силы тяжести, и величина броуновского смещения за 1 с становятся соизмеримыми для частиц диаметром 0,15—0,25 мкм. С уменьшением размера частиц скорость падения резко понижается, а броуновское смещение, наоборот, возрастает. Поэтому в спокойном воздухе частицы высокодисперсных аэрозолей оседают весьма медленно, перемещаясь в различных направлениях.

Сближение частиц, приводящее к их соприкосновению, может быть самопроизвольным (самопроизвольная коагуляция) и вынужденным (вынужденная коагуляция). Самопроизвольная коагуляция обуславливается одним лишь тепловым (броуновским) движением частиц (тепловая или броуновская коагуляция) или одними лишь электростатическими силами, действующими между заряженными частицами (самопроизвольная электростатическая коагуляция).

Особенностью тепловой коагуляции аэрозолей является то, что она начинается самопроизвольно и продолжается в течение всего времени существования аэрозоля. Это связано с относительно малой вязкостью воздуха, что обуславливает повышенную скорость диффузии частиц. Так как скорость тепловой коагуляции в каждый момент времени пропорциональна квадрату числа частиц в единице объема (квадрату счетной концентрации), то она быстро падает с уменьшением числа частиц в единице объема.

Скорость самопроизвольной коагуляции аэрозоля воз-

растает с увеличением различия в размерах его частиц — с ростом его полидисперсности. Однако в процессе коагуляции по мере оседания крупных частиц аэрозоль становится более разбавленным и однородным. Последнее ведет к замедлению коагуляции и большей стабильности системы, ибо монодисперсные аэрозоли коагулируют медленнее, нежели полидисперсные.

В аэрозолях, представляющих собой свободнодисперсные системы, число частиц в единице объема (счетная концентрация дисперсной фазы) не может быть очень большим, так как в этом случае неизбежно очень сильно возросла бы скорость коагуляции. Последнее вело бы к образованию пространственных структур или же к такому заполнению объема частицами дисперсной фазы, которое препятствовало бы свободному перемещению частиц.

При достаточно высокой счетной концентрации аэрозолей (более ста тысяч частиц в 1 см^3) их разрушение происходит главным образом вследствие тепловой коагуляции, скорость которой быстро растет с увеличением числа частиц в единице объема. Поэтому, как бы велика ни была счетная концентрация в момент образования аэрозоля, уже через несколько секунд она не может превышать 10^3 частиц в 1 см^3 .

Когда образуется конденсационный аэрозоль при невысоких температурах, то частицы не несут на себе заряда. В этом случае капли или пылинки, будучи незаряженными, в дальнейшем могут приобретать заряд, адсорбируя ионы из газовой среды. При этом все условия, вызывающие ионизацию газа (действие ультрафиолетовых, рентгеновских, космических лучей, радиоактивных излучений), способствуют возникновению заряда на частицах. Разноименно заряженные частицы коагулируют быстрее, а одноименно заряженные — заметно медленнее, нежели нейтральные.

Если в аэрозоле имеется избыток частиц, несущих на себе заряд того или иного знака, т. е. облако в целом является униполярно заряженным, то благодаря отталкиванию частиц друг от друга аэрозоль рассеивается, причем скорость рассеяния одинакова во всех его частях. Скорость рассеяния заряженных аэрозольных частиц пропорциональна их начальной концентрации, квадрату величины заряда частиц и не зависит от размера и формы занимаемого аэрозолем объема. Если аэрозоль не ограни-

чен стенками, то облако равномерно увеличивается в объеме, сохраняя свою форму. Если аэрозоль ограничен стенками, частицы осаждаются на них.

Коагуляция частиц аэрозоля, ведущая к уменьшению их числа и увеличению массы каждой частицы, может идти и под воздействием различных внешних сил. Так, перемешивание или неравномерное вихреобразное (турбулентное) течение аэрозоля вызывает коагуляцию.

Таблица 5

Время испарения капель в зависимости от их размера

Радиус капли, мкм	Время испарения	Радиус капли, мкм	Время испарения
1	0,05 с	10	5,3 с
3	0,48 с	100	6,1 мин

Неодинаковая скорость оседания мелких и крупных частиц также приводит к их коагуляции. Коагуляция происходит и под действием интенсивных звуковых волн, сильных электрических полей.

Разрушение аэрозолей, в частности туманов, может происходить также за счет испарения частиц. При этом в простейшем случае уменьшение поверхности капли пропорционально времени.

Время полного испарения неподвижных капель зависит от их размеров. В табл. 5 приведено время полного испарения капель воды в спокойном воздухе при относительной влажности 90% и температуре 5° С.

Испарение способно разрушать аэрозоли за счет того, что все частицы испаряются одновременно. Наряду с этим может иметь место процесс, когда одни частицы (капли), обладающие большим давлением насыщенного пара, испаряются, а другие, обладающие меньшим давлением насыщенного пара, поглощают образующиеся пары и таким образом укрупняются за счет первых. Различие давления насыщенных паров связано прежде всего с неодинаковостью размеров аэрозольных частиц.

Количественно изменение давления паров над каплями с изменением их радиуса описывается формулой

Кельвина:

$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{2\sigma\mu}{\rho RT} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right),$$

где P_1 и P_2 — давления насыщенного пара над двумя каплями данной жидкости с радиусами соответственно r_1 и r_2 , σ — поверхностное натяжение жидкости, μ — молекулярный вес, ρ — плотность, R — универсальная газовая постоянная, T — абсолютная температура.

Если $r_1 > r_2$, то $P_1 < P_2$, так как в правой части равенства все величины положительны. Следовательно, над каплями меньших размеров давление насыщенного пара больше, чем над более крупными частицами. Вследствие этого создаются условия, при которых испаряются малые капли и избыток паров конденсируется на крупных каплях. Данное явление носит название изотермической перегонки. Вследствие наличия развитой поверхности фаз в аэрозолях процесс изотермической перегонки идет сравнительно быстро, даже если абсолютные величины давления паров над частицами, тем более различия в давлении пара над частицами неодинакового радиуса, невелики.

Так как практически аэрозольные системы всегда полидисперсны, то, следовательно, эта полидисперсность должна неминуемо возрастать. Иначе говоря, крупные частицы укрупняются, пока, наконец, не начнут быстро выпадать под влиянием силы тяжести.

Приведенные свойства аэрозолей показывают, что они представляют собой неустойчивые системы. Начиная с момента их образования идут процессы разрушения аэрозолей в результате осаждения частиц, диффузии к стенкам, коагуляции, испарения. Старение и в конечном счете исчезновение аэрозольной системы может быть вызвано также рассеянием ее под действием воздушных течений и кроме того за счет одноименной зарядки ее частиц.

Внешние условия влияют на устойчивость аэрозолей. Так, с уменьшением атмосферного давления увеличивает скорость диффузии частиц, повышение температуры влечет за собой повышение скорости испарения частиц, чем больше скорость воздушных течений, тем быстрее разрушается аэрозоль.

Однако внешние условия изменяют лишь скорость разрушения аэрозолей. Как мы видели, процессы, обуславливающие распад аэрозолей, являются самопроизвольными.

Поэтому система непрерывно меняется — в каждый следующий момент в единице объема содержится иное число частиц и они имеют иные размеры.

В зависимости от поставленной задачи человек имеет возможность либо уменьшить скорость разрушения аэрозоля (когда, например, с его помощью уничтожают летающих насекомых), либо добиться быстрого разрушения аэрозоля (например, в процессах улавливания пыли). Однако следует всегда иметь в виду, что по своей природе аэрозольная система всегда неустойчива и не может сохраняться в неизменном состоянии.

Мы рассмотрели важнейшие молекулярно-кинетические свойства аэрозолей, представляющие наибольший интерес при использовании этих систем в быту.

Если аэрозоли применяют в борьбе с летающими насекомыми (мухами, комарами, москитами) или для освежения и дезинфекции воздуха, то стремятся к тому, чтобы получить возможно более устойчивое облако. Наоборот, когда применяют препараты в виде аэрозолей для равномерного покрытия поверхностей, например, при их окраске, то заинтересованы в том, чтобы частицы возможно быстрее достигли покрываемой плоскости.

Когда обработка поверхностей ведется при помощи аэрозолей, нанесение препаратов возможно двумя способами: за счет осаждения частиц из объема, в котором было создано аэрозольное облако, либо путем направленного нанесения. При использовании естественного осаждения частиц из объема капли или пылинки движутся вниз под действием силы тяжести и оседают главным образом на горизонтально расположенные поверхности. На вертикальных поверхностях, в частности на стенах помещения, осаждается очень мало препарата. Поэтому в быту в большинстве случаев поверхности обрабатывают путем направленного нанесения препаратов в виде аэрозолей. При этом наибольшую роль играет инерция частиц, вылетающих из распылителя.

Если частицы будут слишком малы, то они на своем пути не смогут преодолеть сопротивление воздуха и не достигнут сравнительно далеко расположенных поверхностей. Если же частицы подойдут к поверхности, имея слишком большую скорость, то ударившись о нее они могут отскочить. Все это следует иметь в виду при создании аппаратов для обработки поверхностей. Обычно при-

меняют устройства, которые создают аэрозоли с частицами размером в десятки микрометров, и обработку ведут с некоторого расстояния.

При обработке поверхностей (покраска, нанесение ядохимикатов и т. д.) очень важно, чтобы препарат на них закрепился. В этом случае определяющее значение имеет величина угла между направлением полета капли и перпендикуляром к обрабатываемой поверхности — угла падения капель. При увеличении угла падения капель их удерживание на поверхностях уменьшается.

Если какой-либо предмет обильно орошают или протирают, то так или иначе он весь станет влажным. Иное имеет место, когда жидкость наносят в виде капель (в виде аэрозоля) с некоторого расстояния. При этом необходимо, чтобы жидкость хорошо смачивала обрабатываемый предмет. В противном случае капли не прилипнут к поверхности и либо будут скатываться с нее, либо, если поверхность горизонтальная, они не растекутся, что приведет к неполному ее покрытию.

Форма, которую принимают капли на твердой поверхности, зависит от относительной величины сил сцепления между частицами жидкости, с одной стороны, и между частицами твердого тела и жидкости — с другой. Если молекула жидкости сильнее взаимодействует с молекулами твердого тела, чем с молекулами той же жидкости, то жидкость будет стремиться увеличить поверхность соприкосновения с твердым телом и растечься по последнему. Принято говорить, что в этом случае жидкость смачивает твердое тело. Если молекула жидкости сильнее взаимодействует с молекулами той же жидкости, нежели с молекулами твердого тела, то жидкость будет стремиться сократить поверхность соприкосновения с твердым телом (случай несмачивающей жидкости).

В природе нет «смачивающих» или «несмачивающих» жидкостей. Все зависит от свойств соответствующей пары жидкость — твердое тело. Например, вода смачивает стекло, но не смачивает металлы. Ртуть ведет себя противоположным образом.

Описанные явления в быту можно наблюдать, когда капли воды из крана попадают на жирную посуду. Со всем иное происходит, если мы предварительно воспользуемся мылом (поверхностно-активным веществом) и обеспечим хорошее смачивание.

Когда жидкость хорошо смачивает твердое тело, поверхность их соприкосновения будет большей, нежели при несмачивающей жидкости с тем же объемом. При обработке поверхности в первом случае, при прочих равных условиях, степень использования раствора будет большей, расход препаратов — меньшим, производительность труда — выше и санитарно-гигиенические условия работы — лучше. Поэтому, применяя вещества в виде аэрозолей, следует заботиться о том, чтобы распыляемые растворы хорошо смачивали обрабатываемые поверхности.

В процессе нанесения препаратов на поверхности в результате действия сил молекулярного притяжения происходит прилипание (адгезия). Адгезия обусловлена возникновением связи между поверхностными слоями двух разнородных (твердых и жидких) тел (фаз), приведенных в соприкосновение.

При лучшем смачивании жидкость будет сильнее связана с поверхностью. Это особенно важно иметь в виду при обработке вертикальных поверхностей, ибо при плохом смачивании капли, плохо удерживаясь поверхностью, будут скатываться вниз.

При обработке поверхностей препаратами, находящимися в порошкообразном состоянии, как и при обработке жидкостями, возникают две проблемы: равномерность покрытия обрабатываемых поверхностей и фиксация на них препаратов. Степень прилипания (адгезии) порошкообразных препаратов имеет существенное значение, так как быстрое удаление химиката с обработанной поверхности снижает его эффективность. Обычно даже при тесном соприкосновении твердых тел адгезия их сравнительно мала вследствие малой истинной площади контакта, составляющей весьма незначительную часть от кажущейся площади соприкосновения из-за наличия неровностей.

Адгезия существенно зависит от физико-химических свойств порошка и поверхности, а также от влажности воздуха, продолжительности нахождения порошка на поверхности, размеров частиц порошка.

Влияние влажности воздуха на величину силы прилипания, возникающей между частицей порошка и поверхностью, можно объяснить тем, что в зазоре между контактирующими телами образуется пленка воды за счет капиллярной конденсации ее паров. По-видимому, капиллярная конденсация паров воды играет определенную

роль и в процессе роста сил прилипания с увеличением времени контакта частиц пыли с поверхностью. Вследствие этого в препараты наряду с основными (активно действующими веществами) вводят вспомогательные компоненты, так называемые смачиватели, закрепители или прилипатели.

Выше неоднократно подчеркивалось, что свойства аэрозолей и их поведение в атмосфере во многом зависят от размеров частиц, которые образуют облако. Поэтому при изучении аэрозолей одна из главных задач заключается в определении их дисперсности — распределения частиц по размерам (микроструктуры).

Первым этапом любого исследования аэрозолей является забор пробы. Последняя, как говорят, должна быть представительной, т. е. необходимо, чтобы разница в распределении размеров частиц в изучаемом аэрозоле и пробе была по возможности минимальной.

Для определения дисперсности аэрозоля его частицы либо осаждаются на какие-нибудь поверхности, либо аэрозоль засасывается (аспирируется) в какой-нибудь прибор, в котором происходит последующее осаждение частиц на различного рода поверхностях. В качестве поверхностей для улавливания капель используют предметные стекла, покрытые силиконом. Стекла раскладывают на дне камеры или в различных местах помещения, где ставится опыт, либо их проносят перпендикулярно оси струи аэрозоля, выходящей из генератора.

После того как проба капель отобрана, т. е. получены предметные стекла с осевшими на них каплями, приступают ко второму этапу исследования — к подсчету и измерению осевших капель. Измерение диаметра осевших частиц производят с помощью оптического микроскопа. Для того чтобы судить о распределении размеров частиц полидисперсного аэрозоля, необходимо измерить большое число капель. Полученные результаты подвергают статистической обработке и представляют графически в виде гистограммы, выражающей процент частиц с размерами, лежащими в определенных интервалах.

Описанный микроскопический метод изучения дисперсности аэрозолей является длительным и трудоемким. Однако в отличие от различных автоматических методов, основанных на использовании оптических, электрических или иных свойств частиц, зависящих от их размера, ми-

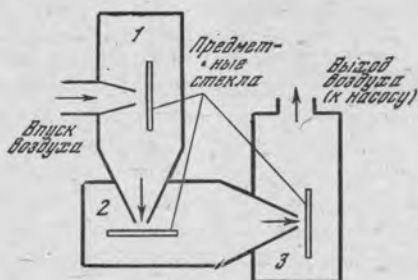


Рис. 2. Схема трехступенчатого импактора

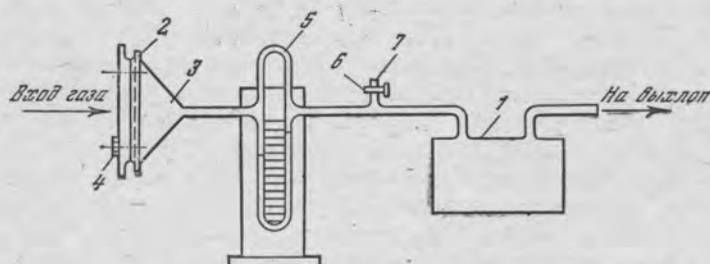


Рис. 3. Схема установки для отбора пробы аэрозоля

кроскопический метод, будучи прямым, является наиболее надежным.

Основное направление развития современного приборостроения — автоматизация измерений с использованием ЭВМ — нашло отражение и в разработке приборов для исследования аэрозолей. Так, описанный метод микроскопического исследования осажденных частиц автоматизируется с помощью так называемых телевизионных микроскопов. Они применяются также в методах, основанных на получении отпечатков на специально подготовленных подложках.

Наряду с описанным способом для улавливания частиц диаметром более 0,5 мкм используют пробоотборные устройства, которые называются каскадными импакторами. Принцип действия импактора состоит в просасывании с помощью насоса исследуемого аэрозоля через ряд конических сопел с последовательно уменьшающимся сечением. Против каждого сопла перпендикулярно потоку на небольшом удалении расположено предметное стекло,

Когда поток воздуха проходит через сопло, его скорость сильно возрастает. Ударяясь о поверхность стеклянной пластинки, воздух обтекает ее со всех сторон (рис. 2). Частицы аэрозоля стремятся следовать за потоком воздуха, но они обладают определенной инерцией и не могут двигаться в точности так, как воздух. Это приводит к тому, что частицы движутся по направлению к стеклу, ударяются о пластинку и прилипают к ней. Происходит так называемое инерционное осаждение.

Каждая из ступеней приведенного на рис. 2 трехступенчатого импактора предназначена для улавливания частиц различной величины. Импактор первой ступени (1) рассчитан на улавливание наиболее крупных частиц, второй ступени (2) — на улавливание частиц промежуточного размера, третьей ступени (3) — на осаждение самых мелких частиц. Если имеется необходимость в более детальном изучении распределения частиц по размерам, то используют импакторы с большим числом ступеней.

Наряду с дисперсностью важно знать весовую концентрацию аэрозоля — массу всех взвешенных частиц в единице объема воздуха. Как и в случае определения дисперсности, для нахождения весовой концентрации аэрозолей применяют прямые и косвенные методы. Последние основаны на использовании оптических, электрических и иных свойств аэрозолей, они требуют калибровки приборов для аэрозолей определенной химической природы и дисперсности.

Наиболее простой и надежный прямой метод определения весовой концентрации аэрозоля заключается в отборе проб из пространства, заполненного взвешенными частицами, с последующим улавливанием частиц на фильтре и взвешиванием.

Отбор пробы для анализа аэрозоля производят с помощью установки, принципиальная схема которой приведена на рис. 3. Аэрозоль, забираемый аспиратором 1 из исследуемого объема, проходит фильтр 2, закрепленный в фильтродержателе 3 при помощи гайки 4. Скорость прохождения газа контролируется расходомером 5 и регулируется зажимом 6, установленным на тройнике 7. Фильтродержатель 3 представляет собой воронку, в широкой части которой при помощи гайки 4 герметизируется фильтр 2. Расходомерами служат ротаметры, реометры или

газовые счетчики. Для забора пробы в качестве аспиратора можно использовать воздуходувки, пылесосы, водоструйные насосы и т. д.

Для улавливания дисперсной фазы применяют аналитические аэрозольные фильтры (АФА), изготавливаемые из фильтрующего материала ФП (фильтр Петрянова). Для определения весовой концентрации аэрозоля применяют фильтры АФА-В-10 и АФА-В-18, изготовленные из перхлорвинилового фильтрующего материала. Для бактериального анализа используют фильтр АФА-Б-3, изготовленный из ацетилцеллюлозного фильтрующего материала.

ПОЛУЧЕНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ

Важнейшая прикладная проблема физики аэрозолей — создание систем с желаемыми свойствами. А так как эффективность, например, аэрозолей биологически активных веществ, применяемых в медицине, сельском хозяйстве, в быту, и многих препаратов, используемых в технике, в значительной степени зависит от их дисперсности, то в конечном итоге речь идет о создании аэрозолей с заданной степенью дисперсности.

Наблюдая за пульверизатором в руках парикмахера или налаживая карбюратор автомобиля, рассматривая облачко тумана у носика чайника, в котором кипит вода, или следя за дымовым султаном над заводской трубой, мы имеем возможность убедиться в том, что, несмотря на разнообразие условий, аэрозоли могут образовываться только двумя путями.

Если мы хотим получить аэрозоль из вещества, находящегося в жидком или твердом состоянии, то это можно сделать путем дробления, измельчения (диспергирования). Из вещества, находящегося в газообразном состоянии, аэрозоль может быть получен при конденсации, когда газовые молекулы, объединяясь под действием сил сцепления, дают сначала зародыш новой (например, жидкой) фазы, а затем уже частицы завершенной новой фазы. По происхождению различают диспергационные и конденсационные аэрозоли.

Конденсационный аэрозоль можно получить и из жидкости, но не прямым путем. Для этого, как в примере с кипящей в чайнике водой, ее нужно вначале испарить, а затем уже, при смешивании паров с более холодным воздухом, она образует аэрозоль.

Диспергационные или конденсационные аэрозоли, состоящие из капелек жидкости, называются туманами. В частности, облачко молочного цвета вблизи носика чай-

ника представляет собой туман, который обычно ошибочно называют «паром».

При внимательном рассмотрении видно, что облачко тумана возникает на некотором расстоянии от чайника. В промежутке же между ними находится водяной пар, который в отличие от тумана, рассеивающего световые лучи, мы не видим.

Аэрозоли, содержащие взвешенные твердые частицы, также могут быть диспергационными и конденсационными. Пыль представляет собой диспергационный дым — конденсационный аэрозоль с твердыми частицами дисперсной фазы.

В быту, в медицине и в технике диспергационные аэрозоли получили относительно большее распространение, нежели конденсационные. Так, применение распыливания жидкого топлива (бензина, керосина, мазута) положило начало его использованию во всевозможных двигателях внутреннего сгорания, в топках паровых котлов и промышленных печей.

Следует иметь в виду, что перевод вещества в состояние аэрозоля может быть осуществлен только в момент применения препарата, так как в отличие от других дисперсных систем, например эмульсий или суспензий, аэрозоль нельзя приготовить заранее.

Получение диспергационных аэрозолей

Если диспергирование веществ осуществляется в газовой фазе, например в воздухе, то оно носит название распыления (распыливания).

Процессы диспергирования жидкостей и твердых тел существенно отличаются друг от друга.

Распыление твердых тел идет в две стадии: вначале химикаты подвергаются измельчению, а затем уже их распыливают. Распыление жидкостей может осуществляться в одну стадию. На практике в большинстве случаев мы сталкиваемся с необходимостью распыления заранее полученных растворов, эмульсий или суспензий веществ. В связи с практическими потребностями вопросы распыления жидкостей рассмотрены здесь значительно полнее, нежели твердых тел.

Упругие свойства капли жидкости не дают возможности измельчать ее приложением внешних механических

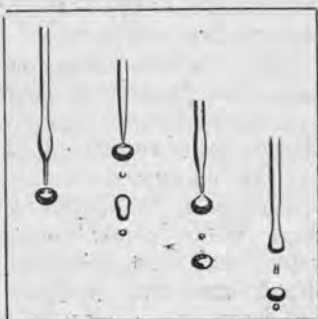
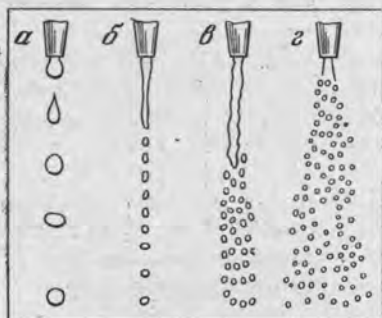


Рис. 4. Дробление струи жидкости, вытекающей из отверстия с различной скоростью V

$a - V=0$, $б - V<10$ м/с, $в - 10<V<100$ м/с, $г - V\approx 100$ м/с

Рис. 5. Волнообразные упругие колебания на поверхности струи жидкости и образование капель

воздействий, как это происходит при дроблении твердых тел. Приоткроем кран над ванной. Вода начнет вытекать в виде капель, форма которых будет меняться по мере их движения. Капля, отделяющаяся от отверстия, имеет форму яйца. По мере падения форма капли периодически изменяется — она становится то сферической, то сплюсненной в вертикальном направлении и растянутой с боков, то вновь принимает яйцевидную форму (рис. 4а). Когда диаметр капли не превышает 600—700 мкм, то, меняя свою форму, она все же достигнет дна ванны. Однако при больших размерах капля во время полета дробится на мелкие частицы.

Если открыть кран немного больше, то скорость течения воды увеличится, и она уже будет вытекать в виде струи. Но при этом течение воды вблизи отверстия пока остается спокойным (ламинарным) (рис. 4б). При дальнейшем увеличении скорости течения, когда кран открыт еще больше, вид струи изменится — движение воды станет вихреобразным (турбулентным) (рис. 4в). Наконец, когда кран будет открыт полностью и если нам удастся достичь очень большой скорости струи по отношению к окружающему неподвижному воздуху (свыше 100 м/сек), то у самого выходного отверстия крана происходит дробление струи на капли (рис. 4г).

Несмотря на всю обыденность описанного явления, оно представляет собой сложный процесс разрушения струи, сопровождающийся образованием массы капель, имеющих различные размеры. Его механизм лежит в основе процесса распыления жидкостей, зависящего от действия как внешних, так и внутренних сил.

К внешним, аэродинамическим силам относятся взаимодействия распыливаемой жидкости со средой (воздухом). Их величина зависит от плотности воздуха, скорости струи и размеров капель жидкости. К внешним силам относятся также силы взаимодействия при пересечении струй или при встрече струй с твердой стенкой. К внутренним силам относятся молекулярные силы и турбулентность потока.

Многочисленные экспериментальные исследования показывают, что струи жидкости, вытекающие из отверстия в воздух, пульсируют.

В рассмотренном нами примере жидкость находится в движении, тогда как окружающий ее воздух неподвижен. В результате этого на границе соприкосновения поверхности струи с воздухом возникают силы трения (аэродинамические силы). Под их действием частицы жидкости, находящиеся на поверхности струи, смещаются и выходят из положения равновесия. При этом поверхность струи деформируется и отклоняется от формы, соответствующей равновесию. В то же время на вышедшие из положения равновесия частицы действуют молекулярные силы сцепления со стороны других частиц жидкости, которые возвращают их в положение равновесия. Проходя это положение по инерции, частицы вновь испытывают действие возвращающих сил и т. д. Данное явление аналогично тому, которое происходит, если растянуть, а затем отпустить пружину, вывести из положения равновесия маятник, а затем отпустить.

Как и в опыте с пружиной или маятником, на поверхности струи возникают колебания (рис. 5), которые накладываются друг на друга и с течением времени либо затухают, либо возрастают. Если амплитуда колебаний струи растет, то устойчивость движения жидкости нарушается, и она распадается на отдельные части. При этом происходит дробление, диспергирование жидкости.

Таким образом, основной внешней причиной распада струи является воздействие на ее поверхность аэродина-

мических сил, стремящихся деформировать и разорвать струю, тогда как силы молекулярного взаимодействия в жидкости препятствуют этому.

Интенсивность колебаний струи зависит от двух основных причин: условий вытекания жидкости из отверстия сопла и состояния окружающего воздуха. В свою очередь характер истечения жидкости из отверстия зависит от его размеров и формы, от наличия завихрений в жидкости перед тем, как она выходит из сопла. Наличие в струе жидкости твердых частиц или пузырьков газа будет также отражаться на интенсивности ее колебаний.

Важнейшим фактором, определяющим поведение струи жидкости, является скорость ее движения по отношению к воздуху. Чем больше относительная скорость жидкости и воздуха, тем значительнее силы трения, тем интенсивнее пульсации струи. При этом безразлично, будет ли двигаться воздух, а жидкость оставаться неподвижной, или жидкость будет иметь значительную скорость и направляться в неподвижный воздух.

При малых значениях скорости струя распадается на отдельные крупные капли примерно одинакового диаметра. При возрастании скорости в результате усиливающихся колебаний начинается волнообразный распад, который при еще большей скорости превращает струю в факел распыленной жидкости у самого отверстия.

Вследствие разности в скорости между возникшими каплями и окружающим воздухом форма капель постоянно меняется. Вначале капли сплющиваются в направлении движения и приобретают форму круглой лепешки, а затем тороида. Развитие деформации приводит к разрыву тороида и образованию мелких частиц. Происходит также срыв с поверхности капель тонких нитей жидкости, которые в свою очередь распадаются на капли. Поэтому капли в факеле имеют различные размеры.

При распылении жидкости затраты энергии связаны с образованием новых поверхностей соприкосновения с окружающим воздухом, с работой против сил поверхностного натяжения и вязкости. Энергия расходуется на работу по деформации жидкости, на сообщение каплям кинетической энергии, на преодоление гидравлического сопротивления.

Если движется жидкость, а окружающий воздух неподвижен, то распыливание осуществляется за счет ее



Рис. 6. Схема прямоструйной форсунки

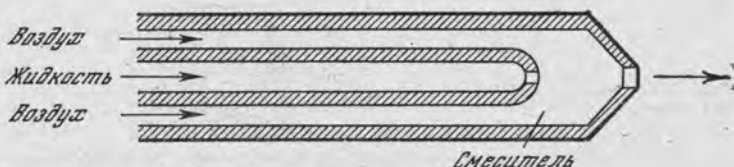


Рис. 7. Схема пневматической форсунки

кинетической энергии. В обратном случае, когда жидкость вводят в воздушный поток, на распыление затрачивается кинетическая энергия воздуха.

Из сказанного видно, что распад струй жидкости связан с неустойчивостью их движения, с возникновением и развитием капиллярных волн (с увеличивающейся во времени амплитудой), которые распространяются по поверхности вдоль струи. Для того чтобы легче и лучше распыливать жидкость, необходимо перед распыливанием течение жидкости преобразовать в такие формы (струя, пленка), которые обладают наименьшей устойчивостью.

Нужно сделать так, чтобы под действием оказываемого на жидкость давления, центробежной или аэродинамической силы жидкость вытягивалась в узкие струйки (нити) или пленки, которые затем будут распадаться на капли под действием сил поверхностного натяжения. Чем тоньше нить или пленка жидкости, тем мельче образующиеся капли. Одновременно необходимо обеспечить достижение наибольшей скорости жидкости относительно окружающего ее воздуха. Все это достигается с помощью форсунок, являющихся основным элементом устройств для получения диспергационных аэрозолей. Огромное значение распыливания жидкостей привело к созданию большого количества всевозможных форсунок. Они различаются конструктивными особенностями, способами регу-

лирования, числом ступеней распыливания, характером движения смеси жидкости и газа и др.

В форсунках, используемых в быту, основной внешней причиной распада струи является воздействие на ее поверхность аэродинамических сил. Величина аэродинамических сил зависит от относительной скорости струи и окружающего газа, а также плотности последнего. По-

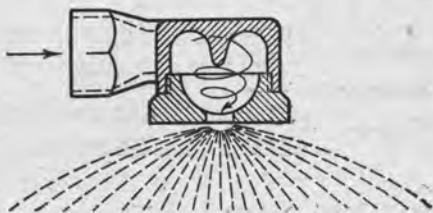


Рис. 8. Схема центробежной форсунки

этому форсунки классифицируют по способу создания перемещения струи относительно газообразной среды.

В механических или гидравлических форсунках жидкость вытекает через отверстие (сопло) с большой скоростью в окружающий неподвижный воздух (рис. 6). В пневматических форсунках (рис. 7) жидкость вытекает с малой скоростью в движущийся поток воздуха. В обоих случаях должно быть предусмотрено достижение наибольшей относительной скорости жидкости и воздуха.

Механические форсунки подразделяют на прямоструйные (прямого действия) и центробежные. Сопла форсунок прямого действия обычно выполняют цилиндрическими. С помощью этих форсунок можно добиться хорошего распыливания при достаточно больших скоростях струи жидкости, выбрасываемой в воздух под сравнительно высоким давлением. Для получения мелких капель при меньших скоростях (меньшем давлении, под которым подается жидкость) используют центробежные форсунки (рис. 8). В них жидкость, подаваемая под давлением, закручивается в каналах или в специальной вихревой камере, откуда через суженное сопло выбрасывается наружу. На выходе из сопла жидкость образует тонкую пленку, представляющую собой полый конус. Эта пленка быстро теряет устойчивость и распадается на капли. При распыливании жидкости центробежными форсунка-

ми происходит сепарация капель: крупные попадают на периферию факела, а мелкие — в его центральную часть.

Распыление жидкости в пневматических форсунках производится струей газа, движущегося с большой скоростью. Жидкость подается к месту распыления под давлением, самотеком или же засасывается благодаря инъекционному действию газовой струи. Контакт между жидкостью и газом происходит снаружи форсунки или внутри нее. Пневматические форсунки могут применяться для более вязких жидкостей, чем механические, но они требуют больших затрат энергии. Чем больше расход газа в расчете на единицу объема распыливаемой жидкости, тем меньше размер получаемых капель.

В комбинированных воздушно-механических форсунках используют преимущества обоих способов диспергирования жидкости. Они отличаются некоторой усложненностью конструкции, однако расходы воздуха и давление в них сравнительно невелики. При этом комбинированные конструкции позволяют варьировать расход распыливаемой жидкости без существенного изменения качества распыливания.

Для всех механических форсунок справедливо, что масса распыливаемой в единицу времени жидкости приблизительно пропорциональна корню квадратному из величины давления, под которым она подается, а при постоянном давлении она приблизительно пропорциональна площади сечения выходного отверстия (сопла).

Размер получаемых частиц зависит от особенностей конструкции форсунки, скорости истечения жидкости, ее физических свойств (поверхностного натяжения, вязкости, плотности) и свойств воздуха, в который происходит истечение. Характер же распыливания — особенности образующегося факела — определяется конструкцией распыливающих устройств, зависит от давления, под которым подается жидкость, ее плотности, вязкости и поверхностного натяжения.

Сопло, из которого жидкость выходит компактной и плотной струей с малым конусом расширения, обеспечивает большую дальность по сравнению с соплом, по выходе из которого струя сильно расширяется. Сопло с винтовыми канавками обеспечивает больший угол конуса факела, чем цилиндрическое,

С увеличением давления, под которым подается жидкость, степень и однородность распыливания возрастают, при этом также повышается скорость истечения. Последнее же способствует распаду струи. С повышением давления на жидкость при одном и том же диаметре сопла дальность струи увеличивается до известного предела, а затем начинает уменьшаться, так как с уменьшением размеров капель дальность их полета уменьшается.

Размер получаемых частиц зависит от поверхностного натяжения распыливаемой жидкости, а также от ее вязкости. Низкая вязкость и малое поверхностное натяжение желательны для облегчения диспергирования и получения капель минимального размера. При распылении с помощью цилиндрического сопла с увеличением вязкости уменьшается угол конуса струи, увеличивается дальность, аэрозоль становится более грубым и неоднородным. В случае центробежных форсунок с увеличением вязкости степень дробления уменьшается, а угол конуса струи увеличивается. Повышение плотности жидкости ведет к увеличению дальности струи.

В процессах механического распыления жидкости капли всегда приобретают электрический заряд за счет статической электризации при дроблении массы жидкости и за счет трибоэлектризации при относительном перемещении ее частиц.

Искусственная электризация распыливаемой жидкости с использованием любого способа увеличения электростатического заряда капель ведет к повышению степени дисперсности и большей однородности получаемого аэрозоля.

Получение конденсационных аэрозолей

Нередко осенью вечером после ясного безоблачного дня в низких сырых местах, лощинах, покрытых растительностью, можно наблюдать, как под легким дуновением ветра колеблется облако тумана. Это — аэрозоль конденсационного происхождения, образовавшийся в результате охлаждения теплого влажного воздуха.

В атмосферном воздухе всегда присутствует некоторое количество водяного пара. В дневные часы, когда почва, растительность и водоемы нагреваются, происходит интенсивное испарение влаги, и количество водяных паров,

содержащихся в воздухе, возрастает. Абсолютная влажность воздуха увеличивается.

Но вот зашло солнце и, если нет облаков, поверхность почвы и растения сильно охлаждаются. Воздух, соприкасающийся с такими поверхностями, тоже охлаждается. При этом возрастает относительная влажность. Водяной пар, содержащийся в воздухе, по мере понижения температуры становится насыщенным, а затем пересыщенным. Состояние пересыщения очень неустойчивое, поэтому избыток пара должен перейти в жидкую фазу. Это и происходит в действительности: пар конденсируется в воздухе в виде капель.

В описанном процессе имеют большое значение всегда присутствующие в воздухе мельчайшие частицы гигроскопичных солей (например, сернокислого натрия, поваренной соли), являющиеся ядрами конденсации.

Главным условием для получения конденсационного аэрозоля является достижение такого состояния, когда вещество находится в виде пересыщенного пара. В этом случае может происходить образование тумана при конденсации пара из его смеси с неконденсирующимся в данных условиях газом. Процесс образования тумана идет с заметной скоростью, когда пересыщение становится больше некоторой критической величины.

Пересыщением пара Π при данной температуре называется отношение давления паров данного вещества в газовой смеси P к давлению его насыщенного пара над плоской поверхностью P_n :

$$\Pi = \frac{P}{P_n}.$$

Если пространство насыщено парами, то $\Pi=1$, если пары не насыщают объем, $\Pi<1$ и, наконец, для пересыщенного пара $\Pi>1$. С понижением температуры газовой смеси степень насыщенности парами пространства Π будет возрастать, так как давление насыщенного пара будет понижаться. Таким образом, при охлаждении газовой смеси ненасыщенный пар можно перевести вначале в насыщенный, а затем в пересыщенный. Чем менее летуче вещество, чем давление его насыщающих паров при данной температуре меньше, тем это легче осуществить,

Процесс конденсации на поверхностях (стенках емкостей, поверхностях ядер конденсации, газовых ионов, зародышей жидкости) возможен в том случае, если давление насыщенного пара над ними меньше, чем давление пара в объеме. При этом конденсация пара с образованием тумана может наступить не во всем объеме системы, а лишь в тех участках ее, где возникает состояние наиболее значительного пересыщения.

Механизм процесса образования тумана при конденсации пара на твердых ядрах такой же, как и на каплях. Формирование капель на частицах происходит в результате накопления конденсирующейся жидкости. При этом независимо от формы частицы постепенно обволакиваются жидкостью и превращаются в капли. В первом приближении принимают, что взвешенные частицы имеют сферическую форму. Они смачиваются жидкостью, не вступая с ней во взаимодействие. При соприкосновении пересыщенного пара с ядрами конденсации избыточные пары выделяются из газа на их поверхности. Конденсация паров в объеме наступает при определенном пересыщении пара, называемом критическим пересыщением $\Pi_{кр}$:

$$\Pi_{кр} = \frac{P_{кр}}{P_H},$$

где $P_{кр}$ — давление пара, соответствующее критическому пересыщению.

Таким образом, для конденсации паров в объеме, необходимо, чтобы пересыщение пара Π было больше или равнялось критическому пересыщению $\Pi_{кр}$. Так как давление насыщенного пара вещества зависит от кривизны его поверхности и для выпуклой поверхности больше, а для вогнутой меньше, чем для плоской, то для плоской поверхности $P_{кр} = P_H$ и $\Pi_{кр} = 1$, для вогнутой $P_{кр} < P_H$ и $\Pi_{кр} < 1$. Для выпуклой поверхности, которую имеют мельчайшие центры конденсации, $P_{кр} > P_H$ и $\Pi_{кр} > 1$. Поэтому конденсация паров в объеме происходит только в пересыщенном паре, так как для того, чтобы пар конденсировался на центрах конденсации, имеющих выпуклую поверхность, его пересыщение $\Pi_{кр}$ должно быть больше единицы.

Исключение составляют случаи, когда пар способен растворяться в веществе, из которого состоят центры кон-

денсации. В этих условиях конденсация паров в объеме может происходить при $P_{кр} < 1$.

Критическое пересыщение пара $P_{кр}$ зависит от природы паров и от температуры, а также от характера газовой фазы. С увеличением температуры и особенно при наличии твердых частиц и понов величина критического пересыщения уменьшается.

Переход жидкости в состояние пересыщенного пара имеет место, когда в чайнике кипит вода и водяной пар, выходящий в помещение, охлаждается, становится пересыщенным. Конденсируясь, он образует аэрозоль. Аналогичное явление можно наблюдать, открывая форточку в морозный день. При этом мы видим, как снаружи за ней образуется облачко. Это мельчайшие капельки сконденсировавшейся влаги. То же происходит над трубой тепловой электростанции, когда виден шлейф тумана молочно-белого цвета. Однако и туман у чайника, и облачко около форточки, и белый шлейф над трубой, если влажность воздуха не очень велика, быстро рассеиваются вследствие испарения капель воды.

Если испарить более высоко кипящую жидкость, например масло, и затем пары смешать с окружающим воздухом, то образующийся при этом аэрозоль будет значительно более устойчивым. Известно, что перегревшееся и закипевшее на сковородке масло создает в помещении чад (масляный аэрозоль), удалить который можно лишь путем интенсивного проветривания.

Из приведенных примеров видно, что для получения конденсационного аэрозоля из вещества, находящегося в жидком состоянии, его надо вначале испарить, а затем сконденсировать в каком-то объеме. Чем менее летуче вещество, чем меньше давление его насыщенных паров при данной температуре, тем легче добиться состояния пересыщения пара и образования аэрозоля.

Принцип, на котором основана работа аппаратов для получения конденсационных аэрозолей, заключается во введении раствора распыляемого вещества в поток горячего газа или в его испарении с помощью электронагревателя. В результате нагревания препарат переводится в парообразное состояние, после чего пары смешиваются с более холодным окружающим атмосферным воздухом. При охлаждении пары конденсируются с образованием конденсационного аэрозоля.

Для получения аэрозолей в качестве растворителей препаратов следует использовать малолетучие вещества с температурой кипения в пределах от 150 до 500° С. В противном случае, если температура кипения растворителя слишком низкая, может не наступить состояние пересыщения. Наоборот, если температура кипения слишком высока, то испарение достаточного для образования аэрозоля количества вещества представляет известные трудности.

Конденсационные аэрозоли могут содержать и твердые частицы. Например, при плавке полиметаллических руд отходящие газы содержат возгоны — твердые частицы более легкоплавких металлов, которые возгоняются, а затем конденсируются. Из кристалликов льда состоит белый облачный след за самолетом, летящим на высоте 6—8 км. Здесь частицы, выполняющие роль центров конденсации, содержатся в выхлопных газах авиационных двигателей, и поэтому позади самолета происходит конденсация атмосферной влаги. Такое явление происходит лишь тогда, когда воздух на пути самолета насыщен влагой. Если же влажность воздуха недостаточна, след не возникает или же прерывается, когда насыщенность воздуха влагой падает.

Из сказанного видно, что образование устойчивых конденсационных аэрозолей за счет энергии сжигаемого топлива в бытовых условиях затруднительно — оно требует сравнительно высокой температуры и ведет к тому, что продукты сгорания попадают в помещение. Поэтому в быту чаще используют аэрозоли диспергационного происхождения. Конденсационные аэрозоли широко применяют в целях защиты растений и в борьбе с гнусом на больших площадях в природных условиях.

АППАРАТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЭРОЗОЛЕЙ

Во всех случаях, когда мы собираемся применять те или иные вещества в виде аэрозолей, прежде всего перед нами возникает вопрос о том, как практически перевести интересующий нас препарат в состояние аэрозоля.

Это осуществляется с помощью аппаратов, которые называются генераторами аэрозолей, или распылителями. Наличие такого аппарата является первым и необходимым условием применения веществ в виде аэрозолей.

Генераторы аэрозолей отличаются друг от друга размером получаемых частиц, особенностями конструкций, количеством распыляемого вещества в единицу времени (производительностью), потребляемой энергией, размерами, весом. Однако во всех этих аппаратах использованы одни и те же физические принципы получения аэрозолей, ибо, как мы уже говорили, генераторы могут создавать либо диспергационные, либо конденсационные аэрозоли. Разнообразие же аппаратов связано с различием конкретных задач, для решения которых целесообразно применять препараты в виде аэрозолей, с многообразием условий, в которых применяют вещества.

Если распыливают жидкость, то генератор называют опрыскивателем, если переводят в состояние аэрозоля порошок — опыливателем. Существуют устройства, объединяющие в себе и опрыскиватель, и опыливатель.

В отличие от опрыскивателей, в которых жидкость можно диспергировать без какой-либо предварительной подготовки, в опыливателях заранее превращенное в порошок вещество следует разрыхлить, а затем уже распыливать его непосредственно в процессе применения.

Для распыления порошков обычно используют пневматические опыливатели, в которых вещество распыливается струей воздуха. Опытливатели имеют емкость (бун-

кер) для порошка и мешалку, разрыхляющую порошок и позволяющую направлять его при помощи механизма подачи в воздушный поток, который выносит порошок через выходное отверстие, образуя облако. Поток воздуха можно создать, например, вентилятором.

В бытовых аппаратах медицинского назначения, предназначенных для ингаляции лекарственных порошков, как правило, используют пневматические центробежные форсунки. Подаваемый в аппарат воздух направляется по касательной к распылительной камере. При этом образуется вихрь, который срывает с поверхности порошка частицы и уносит их через выходное отверстие. Таким путем осуществляется «поверхностное» распыливание порошка, уровень которого находится ниже входа воздуха в камеру. По мере того как частицы уносятся потоком газа, происходит уплотнение слоя порошка, вынос частиц уменьшается и затем прекращается. Распыливание можно возобновить, увеличив скорость подаваемого воздуха либо ликвидировав уплотненный слой путем механического перемешивания порошка, встряхивая форсунку.

В зависимости от размера генерируемых ими частиц различают аппараты для получения грубодисперсных и высокодисперсных аэрозолей.

Важными требованиями, которые предъявляют к аппаратам для получения аэрозолей, являются возможность изменять размер получаемых частиц и возможность регулировать количество вещества, распыляемого в единицу времени. Другими словами, и то и другое связано с управлением работой аппаратов.

Наряду с этим очень существенно, чтобы получаемый аэрозоль был возможно более однороден по размерам капель или пылинок. Большие различия в размерах частиц аэрозоля (полидисперсность аэрозоля) вызывают непроизводительные расходы препаратов. Если капли некоторого среднего размера, образуемого опрыскивателем, обеспечивают наилучший эффект, то более мелкие и более крупные капли, присутствующие в полидисперсном аэрозоле, неизбежно обладают меньшей эффективностью. Например, для одного из случаев обработки был установлен оптимальный размер частиц 5 мкм. Однако если 99% числа частиц имеет диаметр 5 мкм, а только 1% — 50 мкм, то расход вещества увеличится без улучшения дейст-

вия препарата в 10 раз против того количества, которое пошло бы на образование частиц одинакового размера.

Аппараты для перевода веществ в состояние аэрозолей должны включать три элемента: распыливающее устройство, источник энергии и емкость для препарата. Имеются устройства, где эти три элемента komponуются, бывает и так, что, например, емкость для распыливаемого вещества находится отдельно.

При создании генератора значительные трудности связаны с источником энергии. По своим размерам и весу последний часто превосходит собственно распыливающее устройство. Это объясняется тем, что измельчение препаратов связано с большими затратами энергии, так как приходится преодолевать силы молекулярного сцепления, действующие на огромных возникающих при дроблении поверхностях. Перевод веществ в состояние аэрозолей, будучи и технически, и экономически оправданным, представляет собой достаточно энергоемкий процесс.

В быту применяются ручные аппараты, где источником энергии являются мышечные усилия человека, и механические, в которых используется тот или иной вид энергии, обеспечивающий работу двигателя.

При получении аэрозолей мы постоянно сталкиваемся с рядом противоречивых требований, удовлетворить которые одновременно невозможно. Так, если требуется, чтобы аппарат был высокопроизводительным, то он обязательно будет тяжелым и большим по размерам. Аппараты, создающие сравнительно мелкие частицы, обладают, как правило, малой производительностью.

Следует иметь в виду, что грубое распыление вещества не представляет особой трудности, тогда как получение аэрозолей с частицами в 5—30 мкм (не говоря уже о десятых долях микрометра) — задача достаточно сложная.

Казалось бы, проблема создания индивидуальных приборов для получения диспергационных аэрозолей может быть решена просто: достаточно накачать препарат в сосуд под давлением и затем выпускать его по мере надобности через маленькое отверстие. Однако эта простота кажущаяся — для получения аэрозолей с мелкими частицами потребовались бы столь высокие давления, что толщина стенок и соответственно вес сосудов сразу бы сдела-

ли их непригодными в качестве средств индивидуального пользования.

Из сказанного видно, что при создании генератора аэрозолей в зависимости от его назначения надо выбирать наиболее приемлемый вариант с одновременным учетом всех характеристик — дисперсности получаемых частиц, затраты энергии, производительности, размеров и веса. Как всегда в таких случаях, отдавая предпочтение одному, мы неизбежно проиграем в другом. Так, если емкость для распыливаемого препарата невелика, аппарат легче переносить, удобнее держать в руке, но зато приходится чаще наполнять.

Видимо, невозможно создать универсальный генератор аэрозолей. Для разных целей использования надо иметь разные аппараты. Каждый из них будет обладать своими преимуществами, но и определенными недостатками. Ведь никого не удивляет то, что выпускаются различные типы автомобилей, железнодорожных вагонов, самолетов. А вот в отношении генераторов аэрозолей нередко раздаются необоснованные требования универсальности.

Гидравлические распылители

В быту для борьбы с насекомыми, для побелки или покраски стен и потолков, для борьбы с вредителями и болезнями виноградников, ягодников, садов, овощных и других сельскохозяйственных культур на приусадебных участках применяют два типа гидравлических распылителей. Первая группа аппаратов носит название опрыскивателей, вторая — гидропультов.

Отличительной особенностью опрыскивателей является наличие у них герметичной емкости для распыливаемой жидкости. С помощью гидропультов можно забирать жидкость из любого открытого сосуда. В обоих устройствах жидкость выбрасывается в атмосферу под давлением сжатого воздуха. Создаваемые ими аэрозоли содержат капли диаметром более 100 мкм, поэтому аппараты применяют для нанесения препаратов на поверхности.

В зависимости от назначения емкость резервуаров опрыскивателей изменяется от 1 до 20 л. Объем заливаемой в них жидкости составляет 50—80% емкости. В более крупных опрыскивателях воздух накачивают до давления 5 ат, в мелких — до 3 ат.

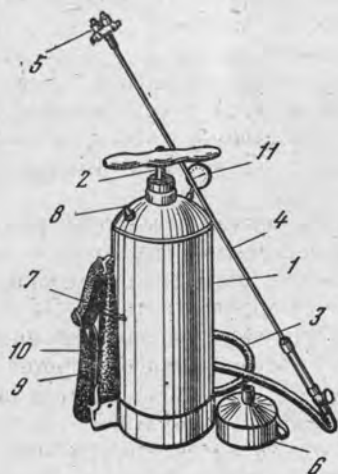


Рис. 9. Рюкза́чный опрыскиватель ОРП-Г



Рис. 10. Гидравлический распылитель «Дезинфаль»

На рис. 9 изображен типичный рюкза́чный опрыскиватель (марки ОРП-Г). Аппарат состоит из резервуара 1 для жидкости, ручного поршневого насоса 2, шланга 3, трубки 4, на конце которой укрепляются две сменные форсунки 5. Распыление осуществляется за счет энергии сжатого воздуха, накачиваемого в резервуар.

Подлежащую распылению жидкость с помощью воронки 6, имеющей фильтр, заливают через горловину, в которой крепится насос для накачивания воздуха, в резервуар. Количество залитой жидкости определяют с помощью контрольного отверстия 7, расположенного на цилиндрической части аппарата. Перед тем, как заливать жидкость, следует вывинтить пробку уровня 8 на 2—3 оборота. После заполнения аппарата жидкостью контрольное отверстие 7 закрывают пробкой и устанавливают на место насос. Заправленный аппарат крепят на спине ремнями 9. Для удобства переноски имеется наспинная подушка 10. После опорожнения резервуара необходимо снизить избыточное давление. Для этого вначале отвинчивают пробку уровня 8, а затем крышку, крепящую насос.

Емкость резервуара составляет 20,5 л. В аппарат заливают 10 л жидкости. Начальное давление воздуха в аппарате, контролируемое манометром 11, равно 5 ат. Для его создания необходимо рукояткой насоса произвести 115—120 качаний. Производительность аппарата при максимальном давлении составляет 16,7 см³/сек (1 л/мин), дальность струи — 1,5—3 м. Вес аппарата 10 кг.

Вариантами этого распылителя являются малогабаритный опрыскиватель ОМП, распылители «Автомакс» и РП-5, наплечный опрыскиватель ОПН-1, переносной аппарат АОП-71, а также ранцевый опрыскиватель ОПР-1. Отличие последнего состоит в том, что для накачивания воздуха в резервуар применяется автомобильный поршневой насос, который присоединяют с помощью шланга к ниппелю клапана, расположенному в нижней части аппарата. После накачивания воздуха насос отсоединяют.

На рис. 10 приведен часто используемый в быту аппарат «Дезинфаль». Так же, как и предыдущие аппараты, «Дезинфаль» предназначен для распыливания жидкостей за счет энергии сжатого воздуха, накачиваемого в резервуар. Однако в отличие от описанных опрыскивателей этот аппарат не имеет ни шлангов, ни полый штанги. Поэтому он может быть использован для обработки лишь сравнительно близко расположенных поверхностей.

Аппарат состоит из резервуара 1, ручного поршневого насоса 2 и изогнутой трубки 3, на конце которой навинчивается сменная форсунка 4. В резервуар заливают 1 л жидкости. После 48—50 качаний насоса в аппарате создается давление 3 ат. При этом давлении производительность составляет 8,3 см³/сек (0,5 л/мин), длина струи достигает 1,2 м. Вес «Дезинфалья» 1,25 кг.

От приведенных выше аппаратов отличается своим конструктивным оформлением ручной ранцевый опрыскиватель «Эра» (рис. 11). Он состоит из пластмассового резервуара 1 для жидкости, насоса 2, поршень которого приводится в движение при помощи рычага 3, связанного с рукояткой 4, шланга 5, запирающего устройства 6, трубки 7 и форсунки 8.

Жидкость заливается через фильтр, вставленный в горловину 10, после чего наполненный резервуар закрывают крышкой 9 и при помощи ремней закрепляют аппа-

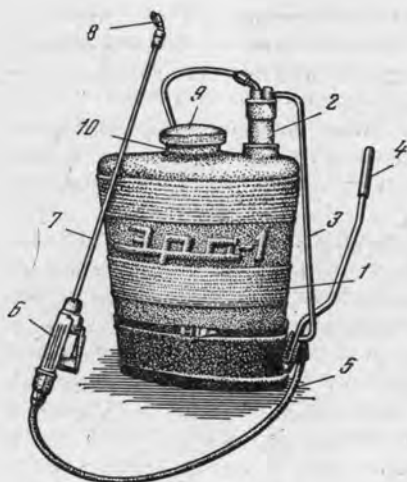


Рис. 11. Опрыскиватель ручной ранцевый «Эра»

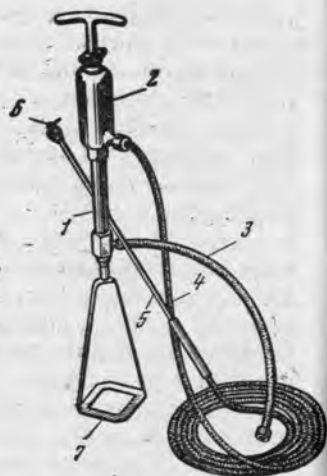


Рис. 12. Штанговый гидропулт ГШ-2

рат на спине. Специальная подушка изолирует спину работающего от стенки резервуара.

Для поддержания рабочего давления в 1—3 ат необходимо осуществлять рычагом 15—25 качаний в минуту. При этом максимальное усилие составляет не более 6 кгс. Производительность аппарата — до 20 см³/с (1,2 л/мин). Применение пластмассовых деталей позволило снизить вес аппарата до 4,8 кг при емкости резервуара до 12 л.

Из гидропультов наиболее часто используют штанговый и скальчатый. Штанговый гидропулт ГШ-2 (рис. 12) состоит из насоса 1, ресивера 2, всасывающего шланга 3 с фильтром, нагнетающего шланга 4, трубки 5, на конце которой монтируется сменная форсунка 6. Для удобства работы гидропулт имеет опору 7 в виде стремена для ноги. Во время работы всасывающий шланг опускают в сосуд с жидкостью. В качестве емкости для жидкости обычно используют ведро.

Главной частью аппарата является насос, штанга которого вверху соединена с рукояткой, внизу — с полым поршнем. Поршень имеет в дне впускной шариковый кла-

пан, а сбоку — выпускное отверстие. При помощи рукоятки поршень может перемещаться в вертикальном направлении внутри цилиндра, в дне которого также находится впускной шариковый клапан.

При движении поршня вверх подлежащая распылению жидкость по шлангу засасывается в цилиндр. Затем, при перемещении штанги вниз, жидкость из цилиндра через клапан поступает в поршень и далее через выпускное отверстие в поршне направляется в ресивер. При последующем движении поршня вверх жидкость из ресивера под давлением сжатого в нем воздуха по нагнетательному шлангу направляется на распыление. Одновременно новые порции раствора поступают через впускной клапан в цилиндр. Некоторое неудобство данной конструкции состоит в том, что наибольшее усилие необходимо создавать при движении рукоятки (поршня) вверх.

Насос создает давление от 2 до 5 ат. Производительность гидропульта — 33,3 см³/с (2 л/мин), дальность струи — 2—3 м. Аппарат имеет вес до 2,5 кг.

Вариантом штангового гидропульта является опрыскиватель М-0212 А, который вместо металлического корпуса имеет пластмассовый.

Скальчатый гидропульт состоит из тех же частей, что и штанговый. Отличие заключается в конструкции насоса. Последний представляет собой полый цилиндр, снабженный внизу входным клапаном. Внутри цилиндра с помощью рукоятки перемещается в вертикальном направлении полый плунжер (так называемая скалка). Плунжер представляет собой толстостенный цилиндр, имеющий внизу нагнетательный клапан.

При движении скалки вверх вначале открывается входной клапан наружного цилиндра и за счет создающегося разрежения под действием атмосферного давления жидкость поступает в полость цилиндра. Затем, когда скалку с помощью рукоятки перемещают вниз, жидкость из наружного цилиндра через нагнетательный клапан поступает по плунжеру в ресивер, откуда под давлением сжатого в ресивере воздуха направляется в нагнетательный шланг.

Корпус опрыскивателя НП-1 (рис. 13) представляет собой трубку 1, внутри которой при помощи штока 2 перемещается поршень. В нижней части трубы смонтирован впускной шариковый клапан и форсунка 3. В верх-

ней части цилиндр закрыт крышкой 4 с направляющим отверстием для штока.

Для того чтобы набрать в опрыскиватель жидкость, его опускают в сосуд. Во время движения рукоятки и поршня вверх, жидкость поступает в цилиндр через клапан и форсунку. При обратном ходе поршня впускной клапан под действием давления закрывается, и жидкость через форсунку направляется в атмосферу. В комплект опрыскивателя входят три форсунки, позволяющие получать струю различной длины и формы. Работавшую форсунку при помощи гайки 5 монтируют в нижней части

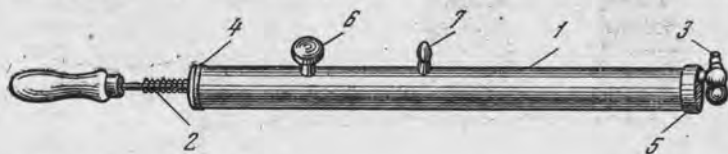


Рис. 13. Опрыскиватель НП-1

корпуса, две другие форсунки 6, 7 ввернуты в гнезда, расположенные на корпусе опрыскивателя.

Емкость цилиндра составляет 0,5 л. В опрыскивателе создается давление до 1 ат. Длина струи в зависимости от вида используемой форсунки колеблется от 2 до 8 м. Аппарат имеет вес 1,2 кг.

Ручной портативный распылитель (рис. 14) представляет собой аппарат, почти все детали которого выполнены из пластмассы. При возвратном движении поршня 9 (рис. 15) под действием пружины 8 после нажатия пальцем на курок 1, во всасывающем канале 10 создается разрежение. Под действием атмосферного давления жидкость 16 из сосуда 14 по трубке 13 через открывающийся клапан 11 поступает во всасывающий канал 10. При последующих нажатиях на курок 1 жидкость заполняет вначале весь всасывающий канал 10, а затем и нагнетательный канал 2. Далее, при новых нажатиях на курок 1, жидкость через сопло 4 направляется в атмосферу, где дробится на капли.

Вращением корпуса форсунки 5 за счет изменения сжатия пружины 3 можно варьировать величину зазора между рассекателем 6 и соплом 4, что дает возможность менять угол факела распыления от 0 до 55°. При этом

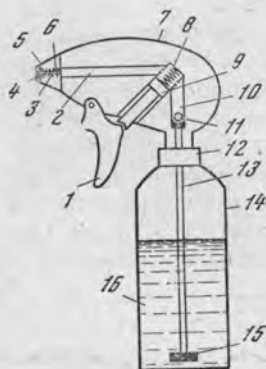


Рис. 14. Ручной портативный распылитель (общий вид)

Рис. 15. Схема устройства ручного портативного распылителя

дальность струи изменяется соответственно от 5 до 1,5 м. В первом случае можно обрабатывать удаленные участки малой площади (углы комнат, кроны плодовых деревьев и пр.), во втором — поверхности.

Корпус распылителя 7 соединяется с сосудом для распыливаемой жидкости 14 при помощи накидной гайки 12. Конструкция распылителя не требует герметичности в месте соединения. В качестве емкости для жидкости может быть использован любой сосуд. Однако удобнее применять стандартные сменные полиэтиленовые флаконы небольшого объема (до 0,5 л), имеющие горловину с резьбой.

Вес распылителя с сосудом 60—70 г. При 50—55 нажатиях на курок распыливается 40 мл жидкости в минуту. Распылитель дает возможность получать сравнительно крупные быстро оседающие частицы, в связи с чем он должен использоваться для нанесения препаратов на поверхности.

Электрокраскораспылитель бытовой ЭВКБ (рис. 16) состоит из корпуса 1, в котором размещены насос, электромагнит, регулятор распылителя 2, включатель 3. В нижней части корпуса имеется гнездо для присоединения стеклянной банки 4 емкостью 0,5 л,

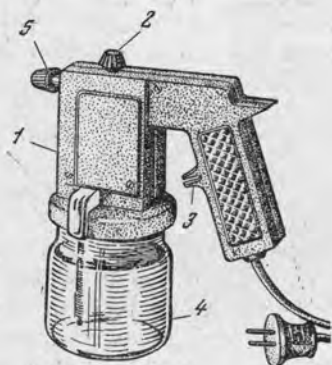


Рис. 16. Электрокраскораспылитель бытовой ЭВКБ



Рис. 17. Пульверизатор

Вибрация якоря электромагнита передается поршню насоса, который при ходе вверх за счет сил молекулярного сцепления засасывает жидкость через отверстие шарикового клапана. При ходе поршня вниз клапан закрывается и жидкость подается в распылительную головку 5, снабженную регулятором.

Производительность аппарата составляет $0,5 \text{ см}^3/\text{с}$, длина струи — 1,2 м. Распылитель работает от сети переменного тока. Потребляемая мощность 10 вт. Вес аппарата без резервуара для жидкости 620 г. Аппарат может быть использован в домашних условиях лишь для обработки небольших поверхностей (подкраска, борьба с бытовыми насекомыми).

Пневматические распылители

Наряду с гидравлическими распылителями в быту применяют пневматические аппараты. Последние отличаются разнообразием конструкций и производительности. В отличие от гидравлических генераторов аэрозолей, пневматические распылители позволяют диспергировать как жидкости, так и порошки. Ниже дано описание наиболее распространенных устройств.

Простейшим пневматическим распылителем является пульверизатор, устройство которого показано на рис. 17.

Через горизонтальную трубку, находящуюся в кожухе 1, с помощью резиновой груши 2 продувают воздух, струя которого, пройдя через конический суженный конец трубки, имеет давление ниже атмосферного. Проходя мимо отверстия вертикальной трубки 3, опущенной в сосуд с жидкостью 4, струя засасывает из нее воздух, а затем и жидкость, и распыляет ее.

Принцип действия ручного распылителя растворов ЖР-6 такой же, как и пульверизатора. Распылитель состоит из поршневого насоса, емкости для раствора и сифонной трубки. В струе воздуха, нагнетаемой насосом, в месте прохождения ее над срезом сифонной трубки создается разрежение. Под действием избыточного давления жидкость из емкости поступает в сифонную трубку и, выходя из нее, распыляется струей воздуха.

За один двойной ход поршня ЖР-6 распыливает 1—2 см³ жидкости. При этом длина струи составляет 1—1,2 м, ее диаметр на расстоянии 1 м от сифонной трубки равен 0,1—0,2 м. В резервуар может быть залито 800 см³ жидкости. Распылитель имеет вес 500 г.

С помощью распылителя ЖР-6 могут быть получены крупные капли, в связи с чем он используется для нанесения на поверхности препаратов, предназначенных для борьбы с насекомыми, а также веществ, используемых для защиты растений от вредителей или болезней.

В комплект деталей пылесоса входит пульверизатор-опрыскиватель. Принцип действия аппарата аналогичен изложенному выше.

При пользовании пульверизатором (рис. 18) гибкий рукав 1 присоединяют к выдувному отверстию пылесоса 2, удлинительную трубку вставляют в патрубок и включают пульверизатор 3. За счет смены насадок можно изменять степень дисперсности получаемых капель.

Резервуаром для распыляемой жидкости служат стандартные стеклянные банки 4 емкостью 0,5 и 1,0 л. Опрыскиватель может быть использован в саду для борьбы с вредителями растений, в домашних условиях для поливки цветов, для борьбы с бытовыми насекомыми.

Для повышения производительности распылителя и при диспергировании вязких растворов его модернизируют. Из корпуса пылесоса удаляют фильтр и изменяют конструкцию пульверизатора, оставив патрубок 1 (рис. 19), надетый на удлинительную трубку 2 и пластмассовую

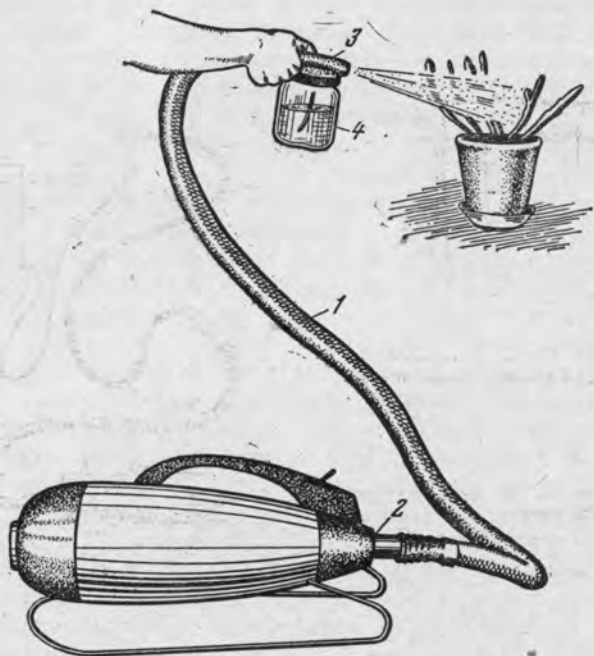


Рис. 18. Пульверизатор-опрыскиватель. Поливка комнатных цветов

трубку 3 для подачи раствора. Лишние отверстия герметизируют. В этом случае стеклянная банка для раствора не требуется.

Наконечник стандартного распылителя может быть заменен самодельным конусным наконечником, который надевают на удлинительную трубку пылесоса или на дополнительную трубку длиной 3—5 м (рис. 20). При этом раствор может подаваться к выходному отверстию конуса по шлангу из емкости (закрепленной ремнями на спине садовода).

Ручной распылитель для порошков ПР-3 предназначен для обработки поверхностей в помещениях с целью уничтожения бытовых насекомых. Он состоит (рис. 21) из ручного поршневого насоса 1, бункера для порошка 2, клапана, трубки, по которой воздух подается в бункер и полой штанги 3, на конце которой крепится сменная форсунка 4.

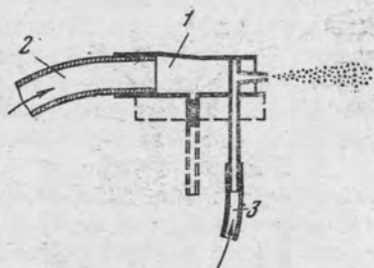


Рис. 19. Схема модернизации
пульверизатора-опрыскивателя



Рис. 20. Схема пульверизато-
ра-опрыскивателя с удлинен-
ным шлангом и бачком

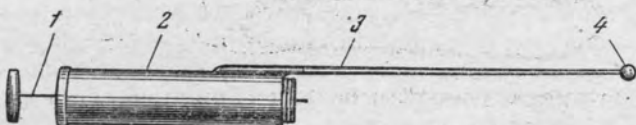


Рис. 21. Ручной распылитель
для порошков ПР-3

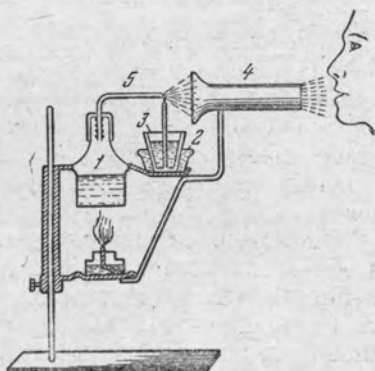


Рис. 22. Схема устройства
парового ингалятора

Нагнетаемый насосом воздух через клапан и трубку поступает в нижнюю часть бункера, подхватывает порошок и через форсунку выбрасывает в атмосферу. За один двойной ход поршня распыляют 4—5 г порошка, при этом длина струи составляет 1—1,2 м, ее диаметр на расстоянии 1 м от форсунки равен 10—20 см. В бункер распылителя загружают 200 г порошка. Распылитель имеет вес 750 г.

Паровой ингалятор, изображенный на рис. 22, состоит из кипяtilьника 1, стакана 2 емкостью 30 см³ с лекарственной жидкостью, вставленной в него тонкой трубкой 3 и направляющего сопла 4. В струе пара, выходящей из трубки 5 кипяtilьника с большой скоростью, создается давление меньше атмосферного, благодаря чему жидкость из стакана засасывается через трубку 3 в струю и распыляется. Распыленная жидкость вместе с паром поступает в сопло 4, откуда и вдыхается больным.

Температура аэрозолей на выходе 50—60° С. Мощность, потребляемая ингалятором от сети, не превышает 200 вт. Вес ингалятора 1,1 кг.

Аппарат предназначен для ингаляции струей пара и введения в организм через полость рта различных растворов лекарственных веществ общего действия при заболеваниях верхних дыхательных путей. Ингалятор предназначен для индивидуального пользования. Процедура вдыхания, ее продолжительность и рецепт лекарственных веществ указываются врачом.

Для распыления водных и масляных растворов лекарственных веществ предназначен карманный пластмассовый ингалятор ИКП-М (рис. 23).

Аппарат (рис. 24) состоит из корпуса 1 с пробкой 2, связанных между собой нитью 3, прокладки 4, основания 5 с запрессованной в него трубкой 6, вставки 7 с форсункой 8, резинового баллона 9 с клапанным устройством 10, накидной гайки 11, пружинного кольца 12, крышки футляра 13 и контейнера 14.

Подлежащую распылению одноразовую дозу лекарства объемом до 4 см³ заливают во внутреннюю полость основания 5 пипеткой через выходной патрубок корпуса 1, предварительно сняв пробку 2. Получение аэрозолей осуществляется при помощи пульверизатора. Подача воздуха производится из эластичного резинового баллона 9 при нажатии на него рукой.



Рис. 23. Карманный пластмассовый ингалятор ИКП-М (общий вид)



Рис. 24. Устройство карманного пластмассового ингалятора ИКП-М

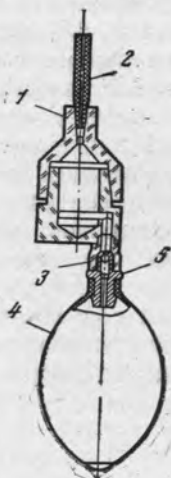
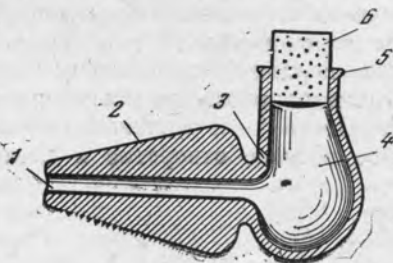


Рис. 25. Схема устройства порошковдувателя (инсуфлятора)

Рис. 26. Схема устройства микроинсуфлятора

1 — канал, 2 — олива, 3 — отверстие для засасывания воздуха, 4 — резервуар для порошка, 5 — горлышко, 6 — пробка



При более энергичном сжатии резинового баллона скорость истечения воздуха увеличивается и размеры получаемых частиц будут меньше. Конструкция ингалятора позволяет производить регулирование дисперсности получаемых капель за счет вращения корпуса — при этом изменяется положение выходного патрубка относительно форсунки. Установка корпуса в требуемое положение осуществляется совмещением соответствующей риски на корпусе ингалятора с визирной точкой на его основании.

Для введения в полость носа порошкообразных лекарственных веществ применяют порошковдуватель (инсуфлятор) (рис. 25). Заданная доза препарата, полностью подлежащего удалению из прибора, насыпается в порошковдуватель. Для этого снимается верхняя часть форсунки 1, порошок засыпается так, чтобы отверстие для ввода воздуха находилось выше слоя порошка. Затем форсунка закрывается крышкой.

Распыление происходит благодаря образованию вихря, который возникает в результате ввода воздуха по касательной к цилиндрической части полости, где находится порошок. Воздух нагнетается из резинового баллона 4 через клапан 5 и ниппель 3. Выброс препарата происходит через трубку 2, введенную в нос больного, при периодическом нажатии рукой на резиновый баллон.

Компактным вариантом инсуфлятора является микроинсуфлятор, устройство которого показано на рис. 26. Из ампулы, содержащей лекарственный порошок, небольшое его количество (20—30 мг) вносят в резервуар микроинсуфлятора. Горлышко резервуара 5 больной закрывает пальцем, а оливу прибора 2 вставляет в носовое отверстие. Другое носовое отверстие закрывают пальцем свободной руки. Во время вдоха воздух, проходящий через малое отверстие 3, расположенное сверху резервуара 4, завихряет находящийся там порошок, подхватывает его и несет через канал 1 в нос и в более глубоко лежащие отделы верхних дыхательных путей. При этом слизистая оболочка покрывается равномерным тонким слоем препарата. После 1—2 вдыханий оливу прибора вставляют в другое носовое отверстие и повторяют те же операции.

Аэрозольные баллоны

В последние три десятилетия в быту для получения седиментационно устойчивых аэрозолей в ограниченных объемах или для равномерного покрытия небольших по площади поверхностей тонким слоем химиката используются портативные автономные устройства, носящие название аэрозольных баллонов, аэрозольных упаковок или упаковок под давлением. Нередко, видимо для краткости, их ошибочно называют «аэрозолями».

Аэрозольные баллоны представляют собой герметически закрытые сосуды, снабженные сифонной трубкой и устройством для регулирования выхода препарата (рис. 27). Выпуск препарата происходит через диафрагму в распыливающей головке. Для регулирования выхода препарата служит клапан, который открывается при нажатии на распыливающую головку. Таким образом, конструктивно аэрозольные баллоны, служащие для распыления широкого круга веществ, состоят из двух частей — корпуса и устройства для герметизации сосуда и регулирования выхода препарата в атмосферу.

Основные требования, предъявляемые к корпусам аэрозольных баллонов, состоят в обеспечении герметичности сосуда и в коррозионной стойкости по отношению к содержимому.

Большинство аэрозольных баллонов представляет собой цилиндрические сосуды из жести или алюминия емкостью от 150 до 600 см³, в которые наливается раствор, эмульсия или суспензия препарата, подлежащего распылению. После этого из сосуда откачивается воздух, входное отверстие закрывается клапанным устройством, и в баллон вводится так называемый пропеллент (от лат. *propellere* — гнать) — сжиженный газ. Это — главное «действующее лицо» в процессе получения аэрозолей. В качестве пропеллента обычно используется смесь фторуглеродистых и фторхлоруглеводородистых соединений, сокращенно называемых хладами (фреонами). Наиболее широко применяют смесь хладонов 11 и 12 (фтортрихлорметана и дифтордихлорметана) в соотношении 1 : 1.

В момент нажатия на головку клапанного устройства давление собравшихся в верхней части баллона насыщенных паров пропеллента, растворителя и самого препарата выбрасывает через отверстие в головке струю смеси

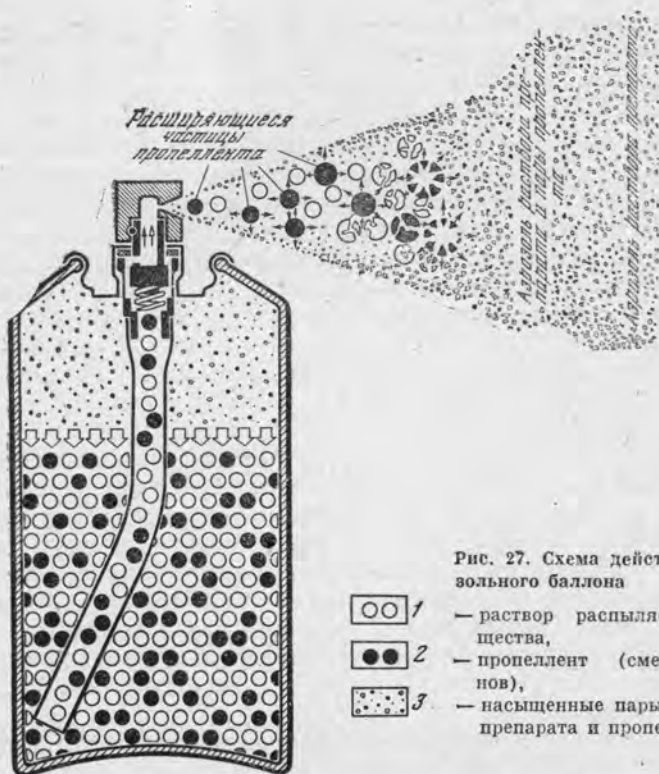


Рис. 27. Схема действия аэрозольного баллона

- | | | |
|---|---|--|
|  | 1 | — раствор распыляемого вещества, |
|  | 2 | — пропеллент (смесь фреонов), |
|  | 3 | — насыщенные пары раствора препарата и пропеллента |

раствора и пропеллента. Естественно, при этом происходит частичное разрушение струи за счет действия сил трения об окружающий воздух. Однако роль этих сил в образовании аэрозоля в данном случае невелика.

И вот здесь-то и проявляется принципиальная особенность аэрозольных баллонов или, точнее, введенного в них пропеллента (эвакуирующей жидкости). Температура кипения, например, хладона 12 при нормальном давлении равна минус $29,8^{\circ}\text{C}$. Это означает, что, вырвавшись из баллона, хладон 12 мгновенно становится перегретым, вскипает, испаряется и изнутри разрывает струю, образуя облако диспергационного аэрозоля, состоящее из мелких капель.

Правда, хладон 12, как правило, используется в смеси с другими, более высококипящими хладонами. Объ-

ясняется это тем, что для его удержания в сжиженном состоянии давление насыщенных паров в баллоне при 20°C должно быть равно 5,78, а при 50°C — 12,4 ат. Для того чтобы выдержать такое давление, понадобились бы толстостенные тяжелые баллоны. Смесь же, например, равных количеств хладона 12 с хладоном 11, у которого давление насыщенных паров при этих же температурах равно 0,904 и 2,403 ат, может храниться при давлении соответственно в 3,61 и 7,75 ат.

Естественно, что «взрывное действие» у такой смеси будет уже меньше, чем у чистого хладона 12: второй компонент — хладон 11 — закипает лишь при $+23,8^{\circ}\text{C}$. Поэтому температура кипения смеси этих хладонов поднимается до минус $15,6^{\circ}\text{C}$, что повлечет за собой некоторое увеличение размеров получаемых частиц. Впрочем, это следствие легко устранимо: размеры частиц можно уменьшить путем увеличения процентного содержания пропеллента в баллоне или в результате уменьшения размеров выходного отверстия (дюзы). Таким образом, изменяя состав пропеллента, его содержание в баллоне и размеры дюзы можно получать аэрозоли с частицами необходимой величины. Однако главное значение при этом имеет доля пропеллента в содержимом баллона.

Для того чтобы получить препарат в виде аэрозоля, в упаковке должна быть заключена жидкость, давление насыщенного пара которой выше атмосферного, при этом интересующий нас препарат должен либо растворяться в этой жидкости, либо образовывать с ней эмульсию или суспензию.

Если перегретую жидкость выпустить в атмосферу, что, как уже отмечалось, в аэрозольных упаковках осуществляется за счет давления насыщенного пара, находящегося над жидкостью, то последняя распадается на мелкие капли без каких-либо специальных насадок (форсунок и пр.). При этом имеет место бурное вскипание жидкости — образование в струе жидкости пузырей пара. Пузыри пара в свою очередь растягивают жидкость в тонкие пленки, разрушение которых приводит к образованию капель.

Процессы, которые идут в струе распадающейся на капли перегретой жидкости, отличаются от процессов, идущих при распаде жидкости, давление насыщенных паров которой ниже атмосферного.

Дробление струи перегретой жидкости начинается сразу по выходе ее из сосуда — протяженная нераспавшаяся часть в этом случае отсутствует. Однако это не происходит мгновенно — распад продолжается и в процессе удаления от выходного отверстия и заканчивается на некотором расстоянии в зависимости от мощности выходящей струи.

Особенностью данного способа диспергирования жидкости является возможность распылять в единицу времени значительное количество ее с получением при этом капель сравнительно малого размера, для чего при использовании других способов создания аэрозолей потребовались бы большие расходы энергии.

При данном способе диспергирования степень дисперсности получаемого аэрозоля не зависит от формы выходного отверстия. Испытания различного рода приспособлений, вызывающих закручивание струи или изменение угла расхождения ее граничных поверхностей, показали, что степень дисперсности тумана при этом мало меняется. Было установлено, что размер частиц линейно зависит от диаметра выходного отверстия: чем меньше диаметр, тем выше дисперсность получаемого аэрозоля.

В процессе диспергирования химикатов с помощью перегретой жидкости могут быть получены аэрозоли с частицами, размеры которых обычно характерны для конденсационных аэрозолей. Это, по-видимому, связано с тем, что, во-первых, диспергирование в данном случае идет во всем объеме вытекающей из отверстия струи и, во-вторых, коагуляция образующихся капель тормозится вследствие действия сил диффузионного отталкивания, обусловленных испарением.

Размер частиц, получаемых при помощи аэрозольных баллонов, зависит от следующих факторов: 1) физико-химических свойств веществ, входящих в состав наполнителя, 2) соотношения между компонентами наполнителя, 3) конструктивных особенностей аэрозольной упаковки, 4) температурных условий эксплуатации баллонов.

Проведенные опыты показали, что по мере увеличения содержания пропеллента в смеси растет степень дисперсности получаемых частиц, при этом наиболее резкое возрастание наблюдается в интервале увеличения содержания пропеллента от 30 до 50%. Расход смесей, в состав которых входит различное количество пропеллента, прак-

тически не меняется. Полидисперсность аэрозолей практически мало меняется и составляет сравнительно небольшую величину. Она несколько уменьшается с увеличением содержания пропеллента. При различном содержании пропеллента дисперсность частиц и степень полидисперсности аэрозолей мало зависят от давления насыщенного пара эвакуирующей жидкости.

По мере увеличения размера отверстия распылительной головки растет размер получаемых частиц, а также несколько увеличивается полидисперсность аэрозолей и повышается расход препарата. Наиболее удачным является отверстие диаметром 0,5 мм.

С увеличением вязкости веществ, помещаемых в аэрозольные баллоны, уменьшается дисперсность частиц и расход препарата. Степень полидисперсности остается постоянной. Повышение температуры смеси в аэрозольной упаковке влечет за собой значительное увеличение дисперсности аэрозолей, одновременно с этим система становится более однородной, увеличивается длина струи и угол при вершине конуса, образуемого струей.

Давление насыщенных паров в аэрозольном баллоне зависит от состава наполнителя: типа пропеллента, вида растворителя и соотношения между этими компонентами. Давление паров повышается по мере увеличения процентного содержания пропеллента в смеси, а также при введении в аэрозольную упаковку более летучего пропеллента или растворителя.

Дальность полета частиц мало зависит от соотношения между пропеллентом и другими компонентами содержимого аэрозольных баллонов. Она несколько больше в случае использования более летучего пропеллента. При введении в баллон вещества с большей вязкостью и меньшей летучестью дальность полета частиц повышается. Это происходит за счет того, что струя становится более компактной. Последнее в свою очередь ведет к тому, что частицы легче преодолевают сопротивление воздуха.

Таким образом, наиболее важным фактором, определяющим основную характеристику систем, получаемых из аэрозольных баллонов, — их дисперсность, является содержание пропеллента, с увеличением которого уменьшается размер частиц.

Для получения аэрозолей с мелкими, долго не оседающими частицами, которые пужны для освежения воздуха

или его дезинфекции, для борьбы с летающими насекомыми, в баллоны вводят ~85% пропеллента. Если баллоны используют для подкраски или с целью нанесения ядохимикатов на поверхности, то в них вводят ~50% пропеллента. В том случае, когда хотят получить препарат в виде пены, то достаточно 10—15% пропеллента.

Поскольку распыливающий эффект в первую очередь определяется массой введенного в баллон пропеллента, то для лучшего использования объема упаковки в качестве эвакуирующих жидкостей предпочтительнее применять вещества, обладающие относительно большей плотностью.

Диспергирование веществ при помощи аэрозольных баллонов представляет собой сложный процесс, в котором определяющее значение имеет дробление струи жидкости изнутри за счет вскипания. Наряду с этим распыление осуществляется также аналогично тому, как это происходит при использовании механических форсунок, ибо распыливающая головка баллона по существу является такой форсункой. Поэтому все сведения о работе соответствующих устройств, изложенные выше, в равной степени относятся к распыливающим головкам аэрозольных упаковок.

Выбор той или иной конструкции распыливающей головки зависит от назначения и состава распыливаемой смеси. Используя головки различной конструкции, можно в известной мере варьировать дисперсность частиц, угол при вершине конуса, образуемого струей, и производительность аэрозольных баллонов.

Как и в случае гидравлических распылителей, при использовании аэрозольных баллонов имеется возможность изменения расхода жидкости и формы факела распыления посредством смены сопла. Факел распыления бывает веерообразным или имеет форму конуса, пустотелого или сплошного, с различным углом при вершине. Подбирая различные формы факела, можно получать аэрозоли, удовлетворяющие разнообразным требованиям.

С помощью аэрозольных баллонов можно получать вещества как в виде аэрозолей, так и в виде жидких пен. Последние иногда называют «пенными аэрозолями» или «аэрозольными пенами». Такие выражения ошибочны, потому что аэрозоли и пены являются антиподами. В аэ-

розольях дисперсионной средой является газ (воздух), а дисперсной фазой — жидкие или твердые частицы. В пенах же, наоборот, газ представляет собой дисперсную фазу, а жидкость — дисперсионную среду.

В отличие от аэрозолей, являющихся свободnodисперсными бесструктурными системами, пены представляют собой связнодисперсные образования. В них частицы связаны друг с другом за счет молекулярных сил и образуют в дисперсионной среде пространственные сетки или каркасы (структуры). Частицы, образующие структуры, не способны к взаимному перемещению и могут совершать только колебательные движения.

Пены являются структурированными системами, представляющими собой как бы упругий каркас. Вследствие наличия сил взаимодействия между частицами такие связнодисперсные системы в известной мере обладают свойствами твердых тел — способностью сохранять свою форму, некоторой прочностью, упругостью, нередко определенной эластичностью. Однако из-за малой прочности связи между отдельными элементами структурного каркаса связнодисперсные системы довольно легко разрушаются и приобретают способность течь.

Как указывалось выше, выброс смеси из аэрозольного баллона происходит под действием давления насыщенного пара, находящегося над жидкостью. Как известно, давление насыщенного пара вещества определяется только температурой и не зависит от объема. Поэтому во все время работы упаковки, до тех пор, пока из нее не будет удалена последняя порция смеси химиката и эвакуирующей жидкости, давление в ней будет оставаться практически постоянным. В результате этого дальность полета частиц и угол при вершине конуса, образуемого струей при выходе из баллона, в течение всего времени его работы остаются неизменными. Дисперсность получаемых аэрозолей также будет практически постоянной; некоторое изменение ее будет связано с тем, что по мере выхода смеси из баллона часть эвакуирующего вещества будет переходить в газовую фазу в связи с увеличением ее объема, однако изменение соотношения между химикатом и эвакуирующей жидкостью в выбрасываемой в атмосферу смеси будет незначительным. Стабильность режима туманообразования является существенным преимуществом аэрозольных упаковок.

Очевидно, что чем большую долю составляет пропеллент в общей массе содержимого баллона, тем указанные нарушения стабильности туманообразования будут проявляться в меньшей степени.

Наконец, отметим, что генерируемые с помощью аэрозольных баллонов диспергационные аэрозоли в отличие от систем, получаемых при гидравлическом или пневматическом распылении, имеют частицы, размеры которых лежат в сравнительно узком интервале.

В зависимости от характера взаимодействия препарата (или его раствора) с эвакуирующей жидкостью и агрегатного состояния химиката в аэрозольных упаковках могут содержаться системы, состоящие из различного числа фаз.

В результате соприкосновения химиката (или его раствора) с эвакуирующей жидкостью может происходить растворение с образованием гомогенной системы, возникновение микрогетерогенной системы — эмульсии или суспензии и, наконец, гетерогенной системы, когда химикат и эвакуирующая жидкость образуют макроскопически неоднородную систему, части которой разделены поверхностью раздела.

Очевидно, что в первом случае, когда химикат растворяется в эвакуирующей жидкости, в аэрозольной упаковке находится двухфазная система — жидкость и насыщенный пар. Этот случай — наилучший для образования аэрозолей. Поэтому предполагаемые компоненты содержимого аэрозольных баллонов предварительно проверяют на совместимость, варьируя состав и добиваясь получения однородной системы.

Стремление иметь в баллоне раствор обусловлено тем, что при выпуске в атмосферу эмульсии или суспензии происходит дробление главным образом дисперсионной среды, и получаемые частицы, очевидно, будут иметь размеры, характерные для агрегатов, образующих дисперсную фазу в баллоне.

В случае, когда химикат и эвакуирующая жидкость представляют собой две несмешивающиеся (или ограниченно смешивающиеся) жидкости, одна из которых диспергирована в другой в виде мелких капелек, образуется эмульсия. Характер системы при выходе продукта из упаковки в атмосферу зависит от того, какая из жидкостей является дисперсной фазой. Если дисперсной фа-

вой является химикат (эмульсия второго типа, или обратная), то в этом случае образуются аэрозоли. Если же дисперсной фазой является эвакуирующая жидкость (эмульсия первого типа, или прямая), то в этом случае образуется пена.

Когда в аэрозольной упаковке заключены две несмешивающиеся жидкости, то система является трехфазной. Если плотность химиката меньше плотности эвакуирующей жидкости, то сифонная трубка не должна доходить до дна корпуса упаковки. (В противном случае она, как и при наличии двухфазных систем, должна быть опущена до дна.) При открытии клапана в атмосферу выходит только химикат, а часть эвакуирующего вещества переходит в газовую фазу. Таким образом давление, под которым поступает в атмосферу химикат, поддерживается на одном и том же уровне.

Аналогичным образом происходит подача продукта из упаковки под давлением, когда в качестве эвакуирующих веществ используются сжатые газы. Однако при этом в отличие от предыдущего случая по мере выхода продукта в атмосферу давление в упаковке падает.

Следует отметить, что при наличии в баллоне трехфазной системы, как и при его заполнении азотом или другим сжатым газом, происходит обычное гидравлическое распыление с образованием сравнительно крупных частиц.

Как видно из изложенного, для нормальной работы аэрозольного баллона существенное значение имеет его правильная ориентация в пространстве. Для того чтобы баллон мог работать в любом положении, предложено прикреплять к концевой части сифонной трубки груз. Благодаря наличию последнего конец трубки при любом положении сосуда всегда будет находиться в жидкой фазе. Для тех же целей разработано клапанное устройство, имеющее две сифонные трубки, шарик, предохраняющий от утечки пропеллента, и переключатель.

Конструкция аэрозольных баллонов непрерывно улучшается, для их изготовления применяются новые материалы. Наряду с металлическими баллонами для лекарственных средств, парфюмерии и косметики используют стеклянные баллоны. Они имеют хороший внешний вид, а также дают возможность визуально контролировать наличие продуктов в упаковке. Кроме того, стекло, как

правило, не взаимодействует с компонентами наполнителя. В отличие от металлических корпусов, состоящих из двух и трех деталей, стеклянный баллон более надежно обеспечивает герметичность.

В целях безопасности сверху баллоны покрывают тонкой защитной пластмассовой пленкой, окрашенной в различные цвета. Основное назначение пленки — защита стекла от царапин. Покрытие служит своеобразной подушкой для емкости, защищая ее от ударов. В случае возникновения трещин или раскалывания баллона, пленка предотвращает разброс осколков стекла. При падении стеклянного сосуда с большой высоты, когда он разбивается, пленка как бы растекается, принимая форму колбы, а содержащиеся внутри газы выходят в атмосферу через специально предусмотренные для этой цели небольшие отверстия в пленке — в основании и по бокам корпуса.

В случае разрушения сосудов большой емкости газы не успевают удаляться через отверстия в покрытиях. Это может привести к разрыву пленки и разбрасыванию стеклянных осколков. Поэтому емкость баллонов обычно ограничивают 200 мл.

Для сосудов, содержащих духи или одеколоны, пленка из пластмассы должна быть непрозрачной, чтобы не происходило разложение чувствительных к действию света душистых веществ. Разрабатываются и баллоны из пластмассы, однако в настоящее время они еще не получили применения.

Наиболее миниатюрные аэрозольные баллоны объемом от 1 см³ служат для духов. Упаковки с лекарственными средствами вмещают несколько десятков миллилитров. Во всех случаях диаметр баллона выбирается таким, чтобы упаковкой можно было пользоваться, держа ее одной рукой и нажимая указательным пальцем той же руки на головку. В связи с этим повышение емкости обычно идет за счет увеличения высоты баллонов.

В зависимости от состава содержимого и, следовательно, назначения аэрозольных баллонов, их снабжают соответствующими клапанами. В отличие от корпусов клапаны состоят из большого числа деталей, изготовленных из различных материалов. Некоторые детали периодически, в процессе открывания или перекрытия клапана, приходят в движение. Поэтому клапанное устройство по срав-

нению с корпусом является более уязвимой частью аэрозольного баллона. Вид используемого клапанного устройства определяется характером подлежащего распылению продукта, в частности его вязкостью, а также способом применения основного вещества.

По характеру образуемой ими струи, выходящей в атмосферу, клапаны делятся на разбрызгивающие, выпускающие продукт в виде пасты и в виде пены.

В зависимости от особенностей распыляемых веществ различают клапаны, предназначенные для жидкостей, имеющих малую вязкость, повышенную вязкость и для распыления суспензий.

По характеру выпуска продукта в атмосферу клапаны делятся на устройства периодического и непрерывного действия. Клапаны периодического действия, в свою очередь, подразделяются на устройства, через которые препарат поступает в атмосферу в течение всего времени нажатия пальцем на распыливающую головку, и на дозирующие клапаны, обеспечивающие выдачу из упаковки заранее установленной порции продукта при однократном нажатии на распыливающую головку. Для повторной выдачи препарата необходимо вторично нажать на клапан.

Через клапан непрерывного действия вся смесь, находящаяся в упаковке, может быть выпущена в атмосферу при однократном нажатии на распыливающую головку.

Наиболее распространены клапаны периодического действия. Дозирующие клапаны особенно необходимы для упаковок, содержащих химико-фармацевтические, ветеринарные препараты. Клапаны для одноразового выпуска всего содержимого нашли применение для инсектицидных аэрозольных баллонов, используемых, например, для обработки салонов самолетов перед вылетом, в баллонах, предназначенных для тушения пожара.

Выпускаются также клапаны, позволяющие придать выходящей струе желаемую форму путем изменения угла при вершине конуса, образуемого струей, что особенно удобно для упаковок, содержащих политуры, воски, краски. Для обработки воздуха используют клапаны, разбрызгивающие препарат во все стороны.

Распыливающие головки выпускаются различной формы и размеров. В них имеется отверстие для поступления продуктов из сосуда и выходное отверстие, оформленное в виде сопла. Полость в штоке и распылительной

головке образует миниатюрную расширительную камеру. Если продукт выдается в виде пены, то в распылительной головке предусмотрена дополнительная полость. Выходное отверстие в этом случае больше, нежели у головок, предназначенных для разбрызгивания жидкости.

Так как величина получаемых частиц и расход препарата зависят от размеров выходного отверстия в распыливающей головке, то последняя нередко снабжается металлической вставкой с калиброванным отверстием (диаметром от 0,35 до 0,60 мм). В ряде случаев для удобства подачи продукта головки снабжаются наконечниками в виде трубки длиной в несколько сантиметров.

Для обеспечения нормальной работы аэрозольных баллонов, содержащих крахмалы, краски и т. п., которые склонны осаждаться на деталях клапана и засорять проходные каналы, предложен самоочищающийся клапан. Его самоочистка достигается путем продувки парами пропеллента до и после выпуска смеси из баллона.

С этой целью клапан выполнен последовательно срабатывающим, т. е. при каждом цикле выдачи осуществляется следующая последовательность операций: с распылительным отверстием сообщается газовая подушка в верхней части сосуда и выполняется предварительная продувка. Затем каналы от газовой подушки перекрываются, и с распылительным отверстием соединяется сифонная трубка, по которой поступает распыляемая смесь. Далее канал от сифонной трубки перекрывается, и с распылительным отверстием вновь сообщается газовая подушка, и выполняется окончательная продувка, после чего все каналы перекрываются.

Производительность упаковок должна быть четко установлена, ибо, например, в борьбе с летающими насекомыми дозирование смеси осуществляется по времени. Слишком большой расход смеси в единицу времени затрудняет, в частности, равномерное покрытие поверхностей и приводит к излишнему выпуску препарата, что особенно нежелательно при применении ядохимикатов. Оптимальная производительность аэрозольных баллонов должна быть в пределах от 1 до 1,5 г/с.

Важнейшей вспомогательной составной частью содержимого аэрозольных баллонов, обуславливающей их работу, является пропеллент, который выполняет две функции: 1) создает необходимое давление для подачи препара-

рата в атмосферу и 2) диспергирует продукт, выпущенный в атмосферу. К веществам, которые могут использоваться в качестве пропеллентов для аэрозольных баллонов, предъявляют значительное число требований, охватывающих различные их свойства.

С термодинамической точки зрения основные требования, предъявляемые к пропеллентам, состоят в том, что, во-первых, по своему агрегатному состоянию в баллонах они должны представлять собой лучше всего жидкости и, во-вторых, давление их насыщенного пара должно быть выше атмосферного во всем интервале температур, при которых эксплуатируется аэрозольная упаковка. При этом пропеллент может представлять собой раствор, один из компонентов которого в чистом виде может иметь давление насыщенного пара в интересующем нас интервале температур ниже атмосферного. Однако давление насыщенных паров смеси должно удовлетворять сформулированному выше требованию.

Первое из отмеченных требований указывает на то, что в качестве пропеллентов могут применяться вещества, у которых критическая температура не ниже 50°C . Однако практически целесообразно использовать соединения, имеющие критическую температуру не ниже 100°C .

С эксплуатационной точки зрения, во избежание увеличения веса и стоимости аэрозольных упаковок из-за необходимости использования толстостенных корпусов баллонов в целях безопасности, давление насыщенных паров пропеллента должно быть сравнительно небольшим.

По своим химическим свойствам эвакуирующие вещества должны представлять собой инертные жидкости, которые не взаимодействуют с вводимыми в упаковки препаратами (активно действующими веществами и растворителями). Наряду с этим пропелленты должны обладать инертностью по отношению к конструкционным материалам упаковок, быть стабильными соединениями, не образовывать с воздухом взрывоопасных и горючих смесей, а также не обладать запахом.

По своему действию на человека пропелленты должны быть безвредными веществами, не вызывающими каких бы то ни было изменений в организме как при рекомендуемой норме расхода смеси во время выпуска ее из аэрозольного баллона, так и при увеличенной, по меньшей мере в десять раз.

Вещества, используемые в качестве пропеллентов, классифицируются по величине давления насыщенного пара и по воспламеняемости.

По величине давления насыщенного пара при 20° С вещества, входящие в состав пропеллентов, делятся на три группы: 1) имеющие давление насыщенного пара меньше атмосферного, 2) имеющие давление насыщенного пара порядка нескольких атмосфер, 3) имеющие высокое давление насыщенного пара. Вещества, входящие в первые две группы, образуют в аэрозольных баллонах двухфазную систему жидкость — насыщенный пар; вещества третьей группы используются в виде сжатых газов.

Приведенные выше требования показывают, что подбор веществ, которые можно было бы использовать в качестве пропеллентов, представляет собой достаточно сложную физико-химическую задачу. Наиболее подходящими соединениями, которые могут быть использованы в качестве составных частей пропеллентов, являются некоторые хладоны (фреоны) — группа фтор- и фторхлоруглеводородов жирного ряда. Некоторые из них обладают сравнительно невысоким давлением насыщенных паров в интервале температур, при которых обычно используются аэрозольные баллоны, что позволяет применять легкие тонкостенные корпуса. Для регулирования давления в аэрозольных баллонах применяют смеси хладонов.

Наряду с хладагентами в качестве эвакуирующих веществ находят применение углекислый газ, азот, бутан, пропан.

Хладоны относятся к низкомолекулярным фторорганическим соединениям алифатического ряда — производным метана и этана. Свое промышленное название хладоны (фреоны) получили от слова *frigor* (холод). За рубежом, кроме широко распространенного термина «фреон», употребляют и иные (фирменные) названия данных веществ. Помимо использования в качестве пропеллентов, наиболее широкое применение хладоны находят в качестве хладагентов, пламегасителей, инертных растворителей, промежуточных продуктов при получении пластических масс, смазочных материалов.

Хладоны являются хорошими огнегасящими средствами. Любопытно отметить, что первые аэрозольные баллоны включали в себя в качестве наполнителя только хладон, который являлся одновременно и активным ин-

гредиентом, и пропеллентом. Такие баллоны использовались для тушения пожаров. Наиболее эффективными средствами борьбы с огнем оказались 1,2-дибромтетрафторэтан и дибромдифторметан; при помощи баллонов, содержащих эти вещества, пилот в реактивном самолете может защитить себя от огня и опасности взрыва. В качестве компонентов пропеллентов наибольшее распространение получили соединения ряда метана, обозначаемые хладоном 11 (фтортрихлорметан) и 12 (дифтордихлорметан) и ряда этана — хладоном 114 (тетрафтордихлорэтан).

Хладоны хорошо взаимно растворимы, и из них может быть получена любая смесь с необходимым в каждом конкретном случае давлением насыщенных паров. Для большинства используемых композиций характерно присутствие хлада 12. Наибольшее распространение получила смесь равных весовых количеств хладонов 11 и 12, обозначаемая «хладон 11/12 5050», и смесь 40% хлада 12 и 60% хлада 114, обозначаемая «хладон 12/114 4060».

Хладоны существенно отличаются от аналогичных соединений, в состав которых входит хлор. Они химически инертны и мало токсичны в присутствии даже одного атома фтора. Высококачественные хладоны характеризуются нейтральной средой и очень малым содержанием влаги.

При использовании хладонов в качестве пропеллентов основной проблемой является их устойчивость по отношению к действию влаги. В присутствии последней рвутся связи галоген-углерод, при этом образуются плавиковая и соляная кислоты, вызывающие коррозию стенок корпуса аэрозольного баллона. Наличие продуктов гидролиза может также привести к порче продукта, находящегося в аэрозольной упаковке. Относительно легче других подвергается гидролизу хладон 11.

Хладоны представляют собой неполярные жидкости с низким поверхностным натяжением. Их растворимость в воде низка. С обычными органическими растворителями, например углеводородами, галогенированными углеводородами, спиртами, кетонами, они смешиваются неограниченно. Хладоны, в молекулах которых содержатся атомы водорода, растворяются в кислород- и азотсодержащих растворителях лучше, нежели хладоны, не содержащие водорода.

В аэрозольных упаковках, помимо двух отмеченных функций, пропелленты играют еще одну существенную роль — они являются растворителями ряда веществ. При этом в соответствии со своей молекулярной природой они лучше растворяют неполярные вещества.

В связи с тем, что аэрозольные упаковки находят себе широкое применение для бытовых целей, необходимо рассмотреть физиологические свойства хладонов.

Чистые хладоны, содержащие атомы фтора, запаха не имеют. Однако при объемной концентрации свыше 20% наблюдается слабый сладковатый запах эфира. Пары хладона 11 действуют на организм слабо наркотически, без выраженного токсического эффекта. В качестве предельно допустимой концентрации в США рекомендуется 5%-ная (для однократного кратковременного пребывания). Однако, по мнению советских специалистов, эта концентрация слишком велика.

Наиболее часто применяемый в качестве пропеллента в аэрозольных баллонах хладон 12 малотоксичен для теплокровных животных. Примесь его к вдыхаемому воздуху в количестве 10—15% не опасна для человека. При высоких концентрациях хладона 12 у животных наблюдаются мышечная дрожь, судороги и наркотическое состояние. Судороги у крыс появляются при 30—40% примеси хладона 12 к воздуху, а при увеличении концентрации до 70—80% у них наступает наркотическое состояние. По данным зарубежных авторов содержание 20% хладона 12 в воздухе не вызывает интоксикации у морских свинок, собак и обезьян при ежедневной ингаляции по 4—8 часов в течение 12 недель.

Для получения аэрозолей необходимой степени дисперсности хладоны должны вводиться в аэрозольные баллоны в довольно значительных количествах. По относительному содержанию компонентов в наполнителе они занимают первое место, превосходя как количества активно действующих веществ, так и их растворителей. С целью уменьшения стоимости аэрозольных упаковок повсеместно проводятся работы по экономии хладонов путем подыскивания комбинаций, дающих азеотропные смеси, а также композиций, обнаруживающих положительные отклонения от закона Рауля. Наряду с этим проводится подбор веществ из различных групп химических соединений с целью их использования в качестве

пропеллентов. В последние годы эти работы резко усилились в связи с обнаружившимся неблагоприятным действием хладонов на атмосферу, в частности на атмосферный озон, слой которого расположен на расстоянии более 20 км от поверхности Земли.

В процессе поиска веществ из различных групп химических соединений, которые могли бы быть использованы в качестве пропеллентов или их составных частей, было обращено внимание на ряд углеводородов, некоторые хлорированные углеводороды, а также на такие вещества, как углекислый газ, закись азота, азот. Среди углеводородов для этих целей представляют интерес пропан, н-бутан, изо-бутан, н-пентан, изо-пентан, н-гексан.

В аэрозольных упаковках пропан и бутан применяют как отдельно, так и в смесях с пентаном и гексаном. Данные углеводороды растворимы в галогеноводородах, этиловом спирте, они неполярны, практически не растворимы в воде и не гидролизуются в ней, не оказывают корродирующего действия на внутренние поверхности корпусов аэрозольных баллонов. При обычных температурах углеводороды могут длительно сохраняться, а при термическом разложении они не образуют продуктов, опасных для человека.

Поскольку углеводороды не подвержены гидролизу, их используют для распыления смесей, содержащих воду (кремы для бритья, лосьоны, мыла, зубные пасты и др.). В случае крема в аэрозольные баллоны достаточно ввести 4% углеводородов. Если аэрозольная упаковка содержит жидкость для мытья окон, то пропеллентом служит изо-бутан в количестве 3%. Для неводных систем (краски, воски и др.) углеводороды комбинируют с галогенуглеводородами.

Однако высокая пожароопасность, неприятный запах и токсичность углеводородов, а также потребности в них в качестве химического сырья и топлива вряд ли приведут к тому, что они смогут заменить хладоны в качестве пропеллентов.

Использование сжатых газов (углекислый газ, закись азота, азот) в качестве пропеллентов приводит к тому, что аэрозольный баллон работает главным образом как гидравлический распылитель.

Применение этих веществ в случаях, когда желательно иметь продукт в виде грубодисперсного аэрозоля, пены

или пасты, является целесообразным. Так, присутствие CO_2 препятствует прохождению различных химических реакций в препаратах (окисление, гидрирование и др.), а также препятствует развитию микрофлоры. Углекислый газ не корродирует упаковки из алюминия и стали, увеличивает срок хранения препаратов в упаковках под давлением.

Однако следует учитывать, что использование углекислого газа в качестве пропеллента исключается для водосодержащих продуктов, так как, соединяясь с водой, он образует угольную кислоту, которая может быть причиной коррозии баллона.

Усовершенствование упаковок с использованием сжатых газов идет, в частности, по линии поиска растворителей, обладающих повышенной абсорбционной способностью. В последнее время для данных целей рекомендуется применять диметоксиметан, который хорошо растворяет CO_2 и азот, обладает малой токсичностью и взрывоопасностью.

По мере работы аэрозольного баллона со сжатым газом, в отличие от сжиженного, давление в нем падает, в связи с чем изменяется качество получаемого аэрозоля и дальность струи. С целью уменьшения этого эффекта необходимо накачивать в баллон газ под большим давлением и вводить сравнительно меньшее количество основных препаратов. Это, в свою очередь, вызывает повышенные требования к прочности упаковки и снижает полезную емкость баллона.

Использование сжатых газов в аэрозольных баллонах заманчиво, ибо это дает возможность не учитывать молекулярную природу растворов, помещаемых в упаковки, и тем самым позволяет значительно расширить ассортимент используемых веществ.

При решении вопроса о целесообразности применения сжатых газов в качестве пропеллентов нам представляется правильным исходить не из коммерческих, а из экономических соображений. Аэрозоли, получаемые с использованием сжатых газов, имеют крупные частицы, размеры которых растут по мере выпуска смеси из баллона. Учитывая стоимость аэрозольных баллонов и их однократное использование, целесообразно в каждом отдельном случае выяснить, что выгоднее: получение аэрозолей при помощи сжатых газов или применение, например,

пневматических распылителей, приводимых в действие за счет мышечных усилий руки человека.

В некоторых случаях, когда аэрозольные упаковки применяют в условиях пониженной температуры, например для удаления льда с ветрового стекла автомобиля, используют комбинированные пропелленты. В состав последних входят сжиженные пары и сжатые газы. Давление газа, как известно, в меньшей степени, нежели насыщенного пара, зависит от температуры, и его присутствие в баллоне обеспечивает необходимые условия для подачи содержимого в атмосферу.

Мы говорили, что главным «действующим лицом» в составе содержимого аэрозольных баллонов является пропеллент. При этом имелся в виду процесс диспергирования, процесс образования аэрозоля. Естественно, что при этом подразумевалось наличие в баллоне активно действующего вещества, которое необходимо применить в виде аэрозоля.

Есть еще один неперенный компонент содержимого аэрозольных баллонов — растворитель. Различные лаки, душистые вещества, препараты для борьбы с бытовыми насекомыми обычно используют в виде растворов. Это экономнее и менее опасно для людей. Кроме того, растворитель во многих случаях положительно влияет на свойства этих веществ. Поэтому и в аэрозольные баллоны препараты вводят не в чистом виде, а в виде растворов. Таким образом, в баллоне, как правило, присутствуют минимум три компонента: вещество, подлежащее распылению, растворитель и пропеллент.

Требования, предъявляемые к растворителям, используемым в аэрозольных баллонах, в известной мере аналогичны требованиям к пропеллентам. Главные из них состоят в том, что жидкости, используемые как растворители, должны быть максимально инертными по отношению к вводимым в баллоны и подлежащим распылению активно действующим веществам и образовывать с пропеллентом гомогенные системы; они также не должны взаимодействовать с пропеллентом и конструкционными материалами, применяемыми в упаковках. Растворители должны иметь оптимальное давление насыщенных паров и вязкость и не обладать запахом.

Как было отмечено, хладоны представляют собой неполярные вещества. Это обстоятельство в сочетании со

сформулированными выше требованиями к растворителям, при стремлении иметь в аэрозольных баллонах двухфазную систему, создает значительные трудности в подборе веществ, которые могут применяться для интересующих нас целей.

По-видимому, решением задачи может быть, с одной стороны, использование в качестве растворителей малополярных веществ, таких как керосин, низшие спирты, и с другой стороны, применение растворителей, состоящих из нескольких компонентов, включающих сорастворители (косольвенты).

В качестве веществ, входящих в состав растворителей или служащих таковыми, помимо соединений, указанных ранее, иногда применяют ксилол, пропиленгликоль, полигликоли, минеральное масло, ацетон, глицерин.

Ограниченность ассортимента веществ, используемых в качестве растворителей, обусловлена большими трудностями, связанными с выполнением сформулированных выше требований. Преодоление этих трудностей идет по линии применения трехфазных систем, использования в качестве пропеллентов сжатых газов, а также путем отделения распыляемого раствора от пропеллента за счет соответствующих изменений конструкций аэрозольных баллонов. Однако в последнем случае происходит либо гидравлическое распыление, либо устройство работает по принципу пневматических опрыскивателей. Оценка подобных решений была дана выше.

При выборе растворителей для аэрозольных баллонов необходимо исходить как из их растворяющей способности в отношении активно действующих веществ, совместимости с пропеллентами и физико-химических данных, так и из их токсичности для человека, подыскивая в каждом случае наиболее приемлемое решение, одновременно учитывающее весь комплекс свойств наполнителя.

В целях гомогенизации наполнителей аэрозольных баллонов в ряде случаев используют солюбилизацию — коллоидное растворение. Солюбилизация представляет собой самопроизвольный переход в раствор нерастворимых или малорастворимых веществ под действием поверхностно-активных веществ, находящихся в виде малых добавок в растворителе.

К веществам, особенно энергично способствующим солюбилизации, относятся длинноцепные органические

соединения — мыла (жировые мыла и синтетические поверхностно-активные вещества), образующие в растворах мицеллы.

В качестве пропеллентов и растворителей в аэрозольных баллонах удается использовать сравнительно ограниченный ассортимент веществ. Причина этого связана со слишком разносторонними требованиями, предъявляемыми к обоим названным компонентам.

Благодаря многим преимуществам по сравнению со всеми другими видами упаковок аэрозольные баллоны получили широкое распространение в быту. Они сочетают в себе емкость для хранения препарата, источник энергии (сжиженный газ) и распыливающее устройство. Аэрозольный баллон постоянно готов к работе — достаточно нажать на головку, чтобы привести его в действие.

Ни одно устройство для получения аэрозолей не приобрело столь большую популярность, как аэрозольные баллоны. Можно сказать, что и сам термин «аэрозоль» стал известен широким слоям населения благодаря аэрозольным баллонам, прочно вошедшим в быт сотен миллионов людей.

В первые годы после появления аэрозольных упаковок их относили к предметам роскоши. С того времени прошло более тридцати лет. Для значительного числа средств бытовой химии эта упаковка признана наиболее удобной и экономичной. Время показало, что опасения по поводу экономической целесообразности использования аэрозольных упаковок не имеют оснований. Покупатели стремятся приобретать товары в изящной, красивой и удобной для использования форме, и этим требованиям отвечают различные типы аэрозольных баллонов.

Говоря о преимуществах аэрозольных баллонов не следует забывать, что это сосуды, находящиеся под давлением, что в них заключены продукты далеко не инертные по отношению к организму человека. Поэтому всегда следует проявлять внимание к указаниям по использованию и хранению баллонов.

Все рецептуры содержимого аэрозольных упаковок проходят длительное изучение в лабораторных, а затем испытания в практических условиях, после чего утверждаются контролирующими организациями, в том числе органами здравоохранения. Равным образом регламентированы и способы рационального применения баллонов.

Любой баллон безопасен, и получаемый с его помощью аэрозоль принесет желаемый результат, если следовать указаниям, содержащимся в этикетке на корпусе.

Наряду с частными рекомендациями, которые меняются в зависимости от назначения получаемых аэрозолей, имеется ряд общих, относящихся к аэрозольным баллонам всех видов.

Поскольку во многих упаковках содержатся органические растворители, нельзя пользоваться баллонами вблизи открытого огня. Не следует курить при выпуске смеси из баллона. Аэрозольные упаковки запрещено нагревать. Во избежание повышения в них давления они должны храниться в прохладном месте, вдали от отопительных приборов, в местах, не освещаемых прямыми солнечными лучами, в вертикальном положении. Не следует открывать, разрушать или выбрасывать баллон до полного выпуска его содержимого. Необходимо принять меры к тому, чтобы баллон не попал в руки детям.

Как уже отмечалось, аэрозольные баллоны очень популярны и завоевали всеобщее признание. Однако не следует считать, что в бытовых условиях, когда препараты целесообразно применять в виде аэрозолей, всегда экономически выгодно использовать аэрозольные баллоны.

Так, если нужно закрасить царапины на кузове автомобиля, то с помощью аэрозольного баллона это можно сделать быстро, израсходовав небольшое количество содержимого. Но само собой разумеется, что красить весь кузов с помощью баллона нецелесообразно. То же относится и к борьбе с насекомыми. Если требуется обработать комнату целиком, то для этого больше подходят гидравлические или пневматические распылители. Аэрозольные баллоны в данном случае хороши для местного применения препаратов, когда струя направляется на скопления насекомых.

С помощью гидравлических или пневматических распылителей можно превратить в аэрозоль любую жидкость, если она имеет не очень высокую вязкость. В случае аэрозольных баллонов иногда создаются трудности, связанные с тем, что хладоны являются маслообразными жидкостями, с которыми водные растворы не смешиваются. Каждое из устройств для перевода веществ в состояние аэрозоля имеет свои характерные особенности, преимущества и недостатки. Поэтому для каждого распыли-

теля существует своя область применения, в которой его использование наиболее эффективно.

Несколько лет назад было обнаружено, что накопление хлорфторметанов в атмосфере может быть причиной разрушения озонового щита Земли. Однако в настоящее время полностью не ясно, в какой мере поступающие в атмосферу хладоны могут вызвать необратимые явления.

Поэтому, учитывая возможное неблагоприятное действие хладонов на озоносферу, использование аэрозольных баллонов в качестве источников аэрозолей следовало бы ограничить теми областями, где они необходимы и не могут быть заменены другими устройствами.

В связи с этим целесообразно шире использовать различные гидравлические распылители. При этом следует иметь в виду, что аэрозольные баллоны и гидравлические распылители не могут заменить друг друга. Оба устройства призваны взаимно дополнять одно другое и применяться там, где они наиболее нужны.

В данном случае, как и во многих других, например при приеме лекарств или использовании пестицидов, всегда следует исходить из разумного соотношения пользы и возможного риска от побочного (отрицательного) действия применяемых веществ.

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОЗОЛЕЙ В БЫТУ

В виде аэрозолей в быту применяют главным образом препараты, улучшающие санитарно-гигиенические условия, лекарственные и парфюмерно-косметические средства, а также различные вещества хозяйственного назначения.

Средства для улучшения санитарно-гигиенических условий

Здоровье — обязательное условие счастья, радости, успешного труда, творчества. Это бесценный дар природы, который мы не замечаем, пока им обладаем. По времени большую часть жизни человек проводит дома, поэтому улучшение санитарно-гигиенических условий быта всегда имело большое значение для охраны здоровья людей, ибо для того, чтобы человек был здоров, он должен жить в здоровых условиях.

Среди разнообразных мер по защите здоровья важную роль играет борьба с различными вредными организмами. Так, микроорганизмы, являющиеся возбудителями заболеваний, могут, в частности, попасть в организм человека из окружающего воздуха, с предметов, находящихся в квартире, при посредстве переносчиков (некоторых насекомых). Когда возбудитель тем или иным путем попал в организм человека и возникло заболевание, то борьбу с ним ведут лекарственными средствами. Однако последние могут оказывать не только прямое, но и побочное действие, особенно если не соблюдаются рекомендуемые врачом дозы.

Борьбу с вредными микроорганизмами лучше вести в то время, пока они не проникли в организм человека и находятся в окружающей среде. Борьба может быть успешной только в том случае, если она ведется в основном

самим населением. Наиболее рациональным и надежным методом является химический. Для его осуществления необходимо иметь вещества, обладающие специфическим действием, и аппараты для их применения, в первую очередь в виде аэрозолей.

Химические вещества, употребляемые для уничтожения вредных организмов, называются пестицидами. К пестицидам, применяемым в быту, относятся инсектициды* (средства для борьбы с вредными насекомыми) и бактерициды (средства для борьбы с бактериями). Сюда же относят препараты для отпугивания насекомых — репелленты**.

Борьба с насекомыми в быту. Если в квартире имеются насекомые (мухи, блохи, вши, тараканы, клопы, домовые муравьи, моль), то это свидетельствует о санитарном неблагополучии. Насекомые приносят большой вред человеку; борьба с ними имеет важное санитарно-гигиеническое и эпидемиологическое значение.

Применяемые для борьбы с насекомыми инсектициды делят на 1) контактные — попадающие в организм насекомого в результате соприкосновения с той или иной частью его тела, 2) кишечные — проникающие в организм насекомого через органы питания и убивающие его в результате попадания яда в кишечник, 3) дыхательные — действующие на насекомых в парообразном состоянии или в виде аэрозоля и попадающие в организм через органы дыхания. Большинство применяемых веществ могут одновременно проникать в организм насекомого различными путями. Поэтому инсектициды относят к той или иной группе с учетом основного пути их проникновения в организм.

Особенно тесно связаны с человеком, продуктами его питания и жилыми помещениями комнатные мухи. Они постоянно залетают в закрытые помещения, жилища людей, кухни и т. д. Комнатные мухи питаются пищевыми продуктами и различными отбросами. Перелетая с отбросов на продукты питания, мухи способствуют их загрязнению и могут переносить таким путем возбудителей инфекционных заболеваний, в первую очередь кишечных

* От лат. *insectum* — насекомое и *caedo* — убивать,

** От лат. *repello* — отталкивать,

(дизентерии, брюшного тифа, паратифов, болезни Боткина, полиомиелита и др.).

По сравнению с другими видами летающих бытовых насекомых мухи наиболее устойчивы к действию инсектицидов. В помещениях комнатные мухи являются наиболее распространенным видом летающих насекомых.

Лапки мух заканчиваются относительно широкими подушечками (пульвиллами), которые служат присосками и помогают насекомым при ползании даже по вертикальным стеклянным поверхностям. Захватыванию частиц инсектицидных препаратов способствуют имеющиеся на подушечках волоски, покрытые клейкой массой. С помощью органов осязания и вкуса, расположенных на лапках, мухи постоянно «ощупывают» поверхности, на которых они находятся. Поэтому высокое инсектицидное действие на мух оказывают препараты (растворы или эмульсии), нанесенные на поверхности.

В борьбе с комнатными мухами в помещениях орошают отдельные участки стен возле оконных рам, дверей, плафонов, электропроводки и других мест возможной посадки мух (но не более 5% поверхности стен помещения). Для этого применяют различные гидравлические или пневматические распылители.

Однако борьба с мухами, как и с другими летающими насекомыми, дает наибольшие результаты, когда они находятся в полете, в воздухе.

Капли инсектицида могут попадать на насекомое двумя путями: при оседании на горизонтальные поверхности тела под действием силы тяжести и вместе с воздухом при движении его относительно насекомого. При полете количество раствора, оседающего на насекомом вследствие его движения, обычно гораздо больше, чем количество раствора, оседающего только под действием силы тяжести.

При использовании аэрозолей значительная часть инсектицида попадает на насекомое благодаря конвекционным токам и вследствие передвижения самих насекомых, захватывающих частицы передней частью тела при полете, а не только за счет одного оседания под действием силы тяжести, как это происходит, когда насекомые находятся на поверхностях. Кроме того, находясь в воздухе, насекомые поглощают большее количество препаратов, что обусловлено усилением дыхательной функции из-за повышенной работы в период полета.

С другой стороны, движение крыльев приводит к дополнительной кумуляции препарата на внешних покровах и к принудительному вводу яда в дыхательную систему. Будучи взвешенными в воздухе, капли инсектицидов проникают в организм насекомого также и через трахейную систему, что резко усиливает действие токси-кантов.

Таким образом, успешное истребление летающих насекомых лучше всего может происходить в том случае, когда инсектицид содержится в воздухе, в частности в виде высокодисперсного седиментационно устойчивого аэрозоля, получаемого с помощью аэрозольных баллонов.

Сложность борьбы с насекомыми в полете состоит в том, чтобы заставить частицы препарата «висеть» в воздухе в течение 10—15 мин. С помощью аэрозольных баллонов эта задача решается достаточно просто — путем применения мелкодисперсных аэрозолей. Использование «висящих» в воздухе частиц имеет еще одно важное преимущество: для того, чтобы после обработки помещения избавиться от присутствия инсектицидов, достаточно хорошего проветривания.

Применяя для борьбы с летающими насекомыми даже очень высокодисперсные аэрозоли, невозможно избежать осаждения частиц. Поэтому токсическое действие используемых веществ должно успеть проявиться, пока препарат находится во взвешенном состоянии, т. е. в сравнительно короткое время. В связи с этим для истребления летающих насекомых следует применять вещества, оказывающие быстрое и сильное парализующее действие.

Исследование времени поражения комнатных мух в зависимости от концентрации препарата показало, что для данного инсектицида произведение концентрации препарата C в аэрозольном облаке на время поражения 99% насекомых t при одних и тех же условиях есть величина постоянная. Чем меньше произведение $C \cdot t$, тем выше токсическое действие препарата. Максимально допустимое значение $C \cdot t$ будет определяться наибольшим возможным значением этой величины, зависящим от токсичности препарата для теплокровных животных, и допустимым временем t , в течение которого должно произойти поражение (гибель и паралич) насекомых. В некоторых исследованиях принимается, что время поражения мух t не должно превышать 15 мин.

График, выражающий зависимость между временем поражения насекомых и концентрацией препарата в воздухе, представляет собой гиперболу, ветви которой в области больших и малых концентраций приближаются к осям координат. В связи с этим точность подсчета произведения $C \cdot \tau$ будет больше при некоторых средних концентрациях, там, где имеет место изгиб кривой. Поэтому при изучении эффективности различных инсектицидов для борьбы с летающими насекомыми опыты ставятся таким образом, чтобы получаемые точки находились в средней части гиперболы, которую строят для каждой серии опытов. Это обусловлено еще и тем, что имеется некоторая минимальная концентрация, ниже которой ни при каком времени воздействия не наступает отравление, и при самой высокой концентрации экспозиция не может быть меньше известного минимума.

Произведение $C \cdot \tau$ по аналогии с импульсом силы в механике может быть названо импульсом концентрации i :

$$i = C \cdot \tau.$$

Импульс концентрации i или концентрация инсектицида в воздухе, которая вызывает поражение 99% мух в течение условно принятого времени (15 мин) — C_{15} , может служить критерием, характеризующим действие инсектицидов во времени.

Инсектицидную оценку веществ проводят биологическим методом на комнатных мухах (*Musca domestica* L.) инсектарного штамма. Выбор мух в качестве стандартного объекта обусловлен их относительно более высокой устойчивостью к инсектицидам и большей распространенностью в быту по сравнению с другими синантропными летающими насекомыми.

Струю аэрозоля из баллона направляют в камеру объемом 2 м³, в которой находятся 300 мух, и при помощи секундомера определяют время τ поражения 99% насекомых. Содержание инсектицида в аэрозольных баллонах в соответствии с эталонной рецептурой Всемирной организации здравоохранения составляет 0,4%, растворителем служит керосин, в качестве пропеллента применяют смесь равных весовых количеств хладонов 11 и 12, содержание которых в упаковке равно 85%.

При изучении каждого наполнителя ставят 5—7 опы-

тов. При этом подсчитывают среднее арифметическое значение импульса концентрации i .

В табл. 6 приведены значения C_{15} для ряда веществ, а также величины их относительной активности $A_{отн}$, которая показывает, во сколько раз активность данного вещества меньше, чем эталонного, для которого C_{15} имеет минимальное значение.

Таблица 6

Инсектицидная активность аэрозолей растворов некоторых веществ

Инсектициды из различных групп химических соединений			Пиретроиды		
вещество	C_{15} , мг/м ³	$A_{отн}$	вещество	C_{15} , мг/м ³	$A_{отн}$
ДДВФ	6,07	1,00	Неопинамин	6,27	1,00
Дибром	13,0	0,47	Биоресметрин	6,80	0,92
Метилнитрофос	15,9	0,38	Пирофури	7,00	0,90
Тролен	30,1	0,20	Ресметрин	8,33	0,75
Байтекс	91,5	0,066	Пиретрины	8,73	0,72
Карбофос	105	0,058	Биоаллетрин	8,93	0,70
Линдан	118	0,051	Аллетрин	16,7	0,38
Хлорофос	225	0,027	Сумитрин	17,1	0,37
Октахлорди-пропиловый эфир (S 421)	270	0,022			
Абат	301	0,020			

Приведенные данные показывают, что в борьбе с летающими насекомыми целесообразно использовать фосфорсодержащий инсектицид ДДВФ (диметилдихлорвинил-фосфат), а также ряд пиретроидов. Последние наиболее интересны для этих целей.

Пиретроиды представляют собой сложные эфиры замещенных циклопропановых карбоновых кислот, в большинстве случаев хризантемовой ($R_1 = \text{CH}_3$), реже — пиретровой ($R_1 = \text{COOCH}_3$) (см. табл. 7). Группа пиретроидов включает как природные, так и синтетические продукты. Природные соединения носят также общее название пиретринов.

Применение пиретроидов началось более 150 лет назад с использования пиретрума — природного инсектици-

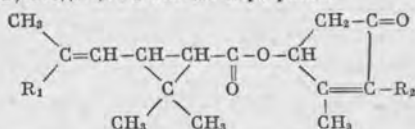
да, представляющего собой высушенные цветы кавказской или далматской ромашки. Действующим началом в пиретруме являются вещества, объединенные общим названием «пиретрины».

Пиретрины объединяют шесть близких по своему химическому строению веществ: пиретрин I и II, цинерин I и II, жасмолин I и II (табл. 7).

Пиретрины обладают высокой инсектицидной активностью. В малых дозах они быстро и губительно дейст-

Таблица 7

Строение веществ, входящих в состав пиретринов



Вещество	R ₁	R ₂
Пиретрин I	—CH ₃	—CH ₂ —CH=CH—CH=CH ₃
Пиретрин II	—COOCH ₃	»
Цинерин I	—CH ₃	—CH ₂ —CH=CH—CH ₃
Цинерин II	—COOCH ₃	»
Жасмолин I	—CH ₃	—CH ₂ —CH=CH—C ₂ H ₅
Жасмолин II	—COOCH ₃	»

вуют на многие виды насекомых. Возбуждая насекомых, они стимулируют их полет и тем самым побуждают поглощать больше инсектицида. Весьма важно, что эти вещества обладают низкой токсичностью для теплокровных животных и человека.

Обычно пиретрины применяют в сочетании с синергистами — веществами, повышающими активность пиретринов, в результате чего их потребление становится более экономичным. Наиболее часто применяемыми синергистами являются пиперонилбутоксид, сульфоксид, МГК-264, букарполат. Наряду с отмеченными веществами в качестве синергистов пиретринов могут быть использованы пиперонилциклонен, пропилизом, сезоксан, а также кунжутное (сезамовое) масло благодаря наличию в нем сезамина и сезамолина.

Комбинация пиретринов с пиперонилбутоксидом в Англии известна под названием пибутрина, в США —

пиренона. Пибутрин выпускают различных марок: $\frac{2}{16}$, $\frac{8}{64}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{10}{50}$, $\frac{5}{42}$, $\frac{8}{42}$, $\frac{6}{60}$, $\frac{5}{50}$, $\frac{15}{37.5}$. Числитель дроби соответствует содержанию пиретринов, знаменатель — пиперонилбутоксид в смеси (в процентах). Инсектицидная активность этих композиций зависит как от содержания в них пиретринов, так и от соотношения инсектицида и синергиста.

В связи с ограниченностью природных ресурсов пиретринов в ряде стран (США, Япония, Франция) организовано производство их синтетических аналогов — аллетрина, ресметрина, неопинамина и др. В настоящее время из общего количества применяемых в мире пиретроидов большая часть приходится на долю синтетических продуктов. Можно полагать, что в дальнейшем будет наблюдаться тенденция к сокращению использования природных веществ.

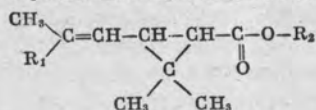
Синтетические пиретроиды представляют собой главным образом сложные эфиры хризантемовой кислоты. Они не только сохраняют ценные качества пиретринов, но нередко существенно их превосходят. Эти соединения стали основным видом применяемых в быту инсектицидов (табл. 8).

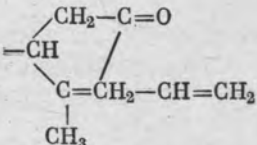
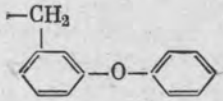
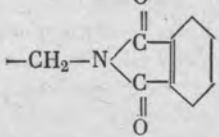
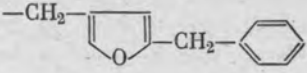
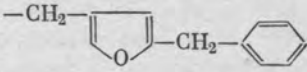
На первом этапе исследований поиск новых пиретроидов, обладающих высокой избирательной токсичностью, шел главным образом за счет варьирования спиртовой компоненты эфиров. Однако в последние годы параллельно с упомянутым направлением ведутся работы и в отношении изменений кислотной компоненты. Так, сравнительно недавно найдены и получили распространение для борьбы с вредными членистоногими пиретроиды, являющиеся сложными эфирами модифицированной хризантемовой кислоты, в молекуле которой обе метильные группы изобутенильной группировки заменены на атомы галогенов.

Для того чтобы усилить действие инсектицидов на насекомых, часто используют смеси веществ. Смесь может быть составлена таким образом, что она будет обладать более широким спектром действия, нежели отдельные ее компоненты. Вследствие наличия синергизма (взаимного усиления действия) между веществами, смесь будет иметь повышенную активность. Имеет значение также и то, что в случае применения смесей инсектицидов у насекомых, по-видимому, медленнее развивается устойчивость (ре-

Таблица 8

Строение некоторых пиретроидов



Пиретроиды	R ₂
R ₁ = CH ₃	
Аллетрин (пинамин) аллетронил- <i>d, l</i> -дис, транс-хризантемат	
Биоаллетрин аллетронил- <i>d</i> -транс-хризантемат	» »
Сумитрин 3-феноксibenзил- <i>d</i> -дис, транс-хризантемат	
Неопинамин <i>N</i> -(3,4,5,6-тетрагидрофталимидо)-метил- <i>d, l</i> -дис, транс-хризантемат	
Ресметрин (христон) (5-бензилфурил-3)-метил- <i>d, l</i> -дис, транс-хризантемат	
Биоресметрин (5-бензилфурил-3)-метил- <i>d</i> -транс-хризантемат	» »
R ₁ = COOCH ₃	
Пирофуриин (5-бензилфурил-3)-метил- <i>d</i> -транс-хризантемат	

зистентность) по отношению к препаратам. При этом следует идти по пути одновременного применения инсектицидов, оказывающих различное действие на насекомых,

В связи с этим обратили внимание на смеси ДДВФ и пиретроидов. Было известно, что фосфорорганические инсектициды не вызывают паралича центральной нервной системы ряда насекомых. Как и другие фосфорорганические инсектициды, ДДВФ угнетает фермент холинэстеразы, а также других эстераз, которые катализируют процессы расщепления жиров, обеспечивая, таким образом, нормальный жировой обмен у насекомых. Пиретроиды же прежде всего оказывают действие на нервную мышечную систему насекомых.

Таблица 9

Инсектицидная активность аэрозолей растворов смесей

Вещества, входящие в смеси	Соотношение инсектицидов	C_{12} , мг/м ³	$A_{отн}$
Неопинамин + ДДВФ	1 : 9	3,20	1,00
Биоресметрин + ДДВФ	1 : 9	3,79	0,84
Биоаллетрин + ДДВФ	3 : 7	4,13	0,77
Сумитрин + ДДВФ	9 : 1	4,40	0,73
Пибутрин 5/42 + ДДВФ	3 : 7	7,21	0,44
Пиретрины + ДДВФ	7 : 3	7,50	0,43
Пибутрин 8/42 + ДДВФ	7 : 3	8,67	0,37

Для того чтобы найти оптимальное соотношение между инсектицидами, изучают зависимость активности смесей от их состава и сравнивают ее с активностью отдельных компонентов.

В табл. 9 приведены данные, характеризующие действие аэрозолей смесей инсектицидов при оптимальных соотношениях компонентов, т. е. для тех случаев, когда наблюдался наибольший синергизм.

Как видно из табл. 9, самой активной является смесь ДДВФ и неопинамина. По своей эффективности она почти вдвое превосходит каждый из отдельно используемых компонентов.

На основе этой композиции у нас в стране выпускаются аэрозольные баллоны «Неофос». Смесь пибутрина 5/42 и ДДВФ содержится в упаковках под названием «Пибутрол». Пиретрины в сочетании с ДДВФ являются основными ком-

понентами аэрозольных баллонов «Антисект», а пибутрин $^{8/42}$ и ДДВФ входят в состав содержимого баллонов «Бул-та». С использованием одного ДДВФ выпускают аэрозольные баллоны под названием «Дихлофос».

Применяя аэрозольные баллоны, предназначенные для уничтожения внутри помещения мух, бабочек моли, комаров, москитов, струю аэрозоля направляют на места скопления насекомых с расстояния не менее 1 м. Препараты распыляют при закрытых окнах и дверях. Для обработки комнаты площадью 14—18 м² выпуск смеси следует производить в течение 5—7 с. Через 10—15 мин помещение нужно тщательно проветрить.

В помещениях могут встречаться блохи, паразитирующие на человеке или домашних животных. Это кровососущие паразиты. Их передвижение по телу и укусы вызывают у людей раздражение кожи и зуд; расчесывание кожи иногда осложняется нагноениями. Блохи являются переносчиками возбудителей некоторых опасных инфекций — чумы, туляремии и др.

Уничтожение блох в помещениях проводят при помощи тех или иных распыливающих устройств. Обработке подвергают поверхность пола, щели за плинтусами, стены на высоту до одного метра, мягкую мебель, подстилки для животных. Уничтожение блох на домашних животных проводится по рекомендации ветеринарного врача.

У людей, не следящих за чистотой тела и недостаточно часто меняющих нательное и постельное белье, могут появиться вши. Они питаются кровью человека и являются переносчиками возбудителей сыпного и возвратного тифов и волынской лихорадки. Насекомых уничтожают в белье порошком, содержащим метилацетофос. Верхнюю одежду, шерстяные вещи обрабатывают порошком пиретрума, которым опыливают внутреннюю сторону одежды, постельных принадлежностей и других мягких вещей. Матрацы и подушки опыливают со всех сторон.

В помещениях встречаются рыжие и черные тараканы. Они ведут скрытый образ жизни и активны в ночное время. Питаются тараканы как остатками пищи человека (мучными, молочными и мясными изделиями, овощами, жирами), так и различными бытовыми отбросами, кожаными изделиями, ватой, шелком, шерстью, бумагой, опилками, клеем и пр.

Соприкасаясь с различными отбросами, а затем с продуктами питания человека, тараканы могут переносить на ножках и покровах тела различные микроорганизмы, в том числе возбудителей кишечных инфекций, туберкулеза, а также яйца глистов. Тараканы быстро передвигаются в поисках пищи и укрытий. Они легко проникают из одного помещения в другое через щели в дверях, полах, стенах, в местах прохождения водопроводных, газовых труб и электропроводки, а в теплое время года и по наружной стороне зданий.

При истреблении тараканов порошки, как правило, обладают более высокой эффективностью, чем растворы и эмульсии из тех же инсектицидов при равном содержании активноедействующего вещества на единицу поверхности. Такое явление объясняется особенностями строения лапок тараканов: при передвижении они имеют относительно небольшую площадь контакта с поверхностями. Кроме того, тараканы почти постоянно шевелят усиками, которые движутся на некотором расстоянии от поверхностей. Усики, покрытые мелкими щетинками, снимают частицы порошка вместе с активноедействующим веществом более легко, чем это же вещество с поверхностями, обработанных растворами или эмульсиями. Это объясняется тем, что в последнем случае активноедействующее вещество распределено на поверхности очень тонким слоем в виде мало выступающих кристаллов. Прилипшие к усикам и лапкам частицы dustов побуждают тараканов очищать свои конечности и усики, что они делают с помощью ротового аппарата. Таким образом, инсектицид не только контактирует с внешними покровами тараканов, но и вносится в пищеварительный тракт, вследствие чего его действие усиливается.

Инсектициды, переведенные в состояние аэрозолей, наносят на поверхности стен и предметы обстановки в местах обитания тараканов и на путях проникновения их в помещения. В последнем случае создают защитные полосы шириной не менее 20 см. Этим предотвращают расселение насекомых из помещений, где проводят обработку. Такие зоны создают также на пути передвижения тараканов к пище и воде.

В помещениях встречаются постельные клопы. Они легко переползают из одного помещения в другое. Возможно и занесение их с различными вещами, в том числе

со старой мебелью и пр. Основными местами нахождения клопов являются щели в стенах, мебели, особенно предназначенной для сна человека.

Для уничтожения клопов, находящихся в щелях стен, за плинтусами, дверными коробками и т. п., для обработки книг, чертежей применяют порошковидные препараты в виде аэрозолей, нанося их тонким слоем. Растворы и эмульсии препаратов, оставляющие пятна на драпировочных тканях и других поверхностях, наносят, избегая обильного увлажнения; полированные и никелированные поверхности ими не обрабатывают во избежание появления пятен и ржавчины.

Для борьбы с нелетающими насекомыми необходимо применять препараты как с кратковременным (острым), так и с длительным остаточным инсектицидным действием. Поэтому обычно используют композиции, основную часть которых составляют сравнительно медленно действующие вещества с добавлением некоторого количества быстро действующих препаратов.

Для уничтожения нелетающих членистоногих могут быть применены, в частности, хлорофос, гамма-изомер гексахлорциклогексана с добавлением к ним ДДВФ, неопинамина, пиретринов. Наибольшим острым действием на клопов и тараканов обладают пиретрины, ДДВФ.

Вещества, используемые для борьбы с нелетающими членистоногими, должны обладать овицидным действием — уничтожать яйца постельных клопов. Наиболее приемлемым препаратом для уничтожения яиц клопов является также гамма-изомер гексахлорциклогексана.

При использовании инсектицидов имеет существенное значение скорость перехода токсиканта в газовую фазу, которая определяется давлением его насыщенного пара $P_{\text{н}}$.

В связи с активизацией дыхательной функции насекомого в полете, а также увеличением радиуса активности капли токсиканта для уничтожения насекомых в воздухе целесообразно использовать вещества со сравнительно высоким давлением насыщенных паров в условиях их применения.

Наоборот, при использовании инсектицидов для борьбы с нелетающими насекомыми необходимо, чтобы осевшие на поверхности частицы аэрозоля обладали длительным остаточным инсектицидным действием. В этих

условиях целесообразно применять малолетучие вещества.

Параметром, характеризующим данное свойство инсектицидов, является относительная скорость их испарения $w_{отн}$. Она представляет собой отношение скорости

Таблица 10

Давление насыщенного пара и относительная скорость испарения инсектицидов при 20° С

Вещество	P_n , мм рт. ст.	$w_{отн}$	Вещество	P_n , мм рт. ст.	$w_{отн}$
Неопинамин	$3,5 \cdot 10^{-8}$	1,0	Байтекс	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$8,57 \cdot 10^2$
ДДТ	$1,5 \cdot 10^{-7}$	4,28	Метилнитрофос	$5,4 \cdot 10^{-5}$	$1,54 \cdot 10^3$
Сумитрин	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$3,43 \cdot 10$	Байгон	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$2,57 \cdot 10^3$
Хлорофос	$7,8 \cdot 10^{-6}$	$2,23 \cdot 10^2$	ДДВФ	$1,2 \cdot 10^{-2}$	$3,43 \cdot 10^5$
Линдан	$9,4 \cdot 10^{-6}$	$2,68 \cdot 10^2$			

испарения данного вещества к скорости испарения наименее летучего препарата из числа рассмотренных при одних и тех же условиях. В табл. 10 приведены значения давления насыщенного пара P_n при 20° С и относительная скорость испарения ряда инсектицидов.

Приведенные данные показывают, что для уменьшения опасности попадания инсектицида в дыхательную систему человека и для получения остаточного действия токсиканта на насекомых целесообразно использовать неопинамин или ДДТ. Острого кратковременного действия легче добиться, применяя, например, ДДВФ.

Несмотря на то, что при использовании инсектицидов в виде аэрозолей токсиканты расходуются в минимальных количествах, все же необходимо считаться с возможным последующим их действием на людей, которые в течение долгого времени будут находиться в обработанных помещениях.

При отборе инсектицидов возникают две задачи: с одной стороны, они должны обладать высокой эффективностью, с другой — не должны оказывать токсического действия на людей. Таким образом, параллельно с решением задачи об обеспечении инсектицидной эффективности, в особенности когда препараты применяют в виде аэрозолей, возникает более серьезная проблема пре-

дупреждения токсического действия веществ на человека.

Перевод токсикантов в дисперсное состояние повышает удельную активность веществ и увеличивает вероятность достижения контакта между ядохимикатами и насекомыми. Однако эти же факторы одновременно увеличивают токсическое действие препаратов и их опасность для человека. Спонтанное поступление веществ в организм через дыхательные пути возможно только в том

Таблица 11

Коэффициент ингаляционной опасности инсектицидов

Вещество	L при 20°C, мг/м³	ПДК, мг/м³	K _{ио}	Вещество	L при 20°C, мг/м³	ПДК, мг/м³	K _{ио}
ДДТ	0,0027	0,1	0,027	Метилн- трофос	0,82	0,1	8,2
Хлорофос	0,11	0,5	0,22	ДДВФ	145	0,2	725
Линдан	0,15	0,05	3,0				

случае, если они находятся в воздухе в дисперсном состоянии — в виде аэрозолей или в газообразном состоянии.

Образование аэрозолей связано с наличием тех или иных внешних сил, действие которых обуславливает диспергирование препаратов. Переход же веществ в газовую фазу осуществляется в любых условиях — над твердым телом или жидкостью всегда присутствует некоторое количество того же вещества в парообразном состоянии за счет испарения.

При рассмотрении вопроса о действии веществ на людей, находящихся в обработанных помещениях, надо исходить из установленных предельно допустимых концентраций (ПДК) и летучести применяемых пестицидов.

По окончании обработки помещения и проветривания препарат может присутствовать в воздухе главным образом в виде паров.

Различная степень испарения веществ обусловлена различием сил сцепления между их молекулами и, как отмечалось, количественно характеризуется давлением насыщенного пара P_n . С давлением насыщенного пара

связана летучесть препарата L , представляющая собой максимально возможную концентрацию вещества в воздухе при данной температуре.

С точки зрения проникновения в дыхательную систему человека (ингаляции) инсектицид будет тем более опасен, чем выше его летучесть и чем меньше установленная для него ПДК.

Критерием ингаляционной опасности инсектицидов может быть коэффициент ингаляционной опасности $K_{\text{но}}$, равный отношению L к ПДК. В табл. 11 помещены значения этого параметра для ряда инсектицидов.

Из данных табл. 11 видно, что имеются вещества, ингаляционно не опасные (ДДТ, хлорофос), для которых $K_{\text{но}} < 1$. Для линдана и метилнитрофоса $K_{\text{но}}$ несколько больше 1, для ДДВФ $K_{\text{но}}$ очень высок. Если необходимо, чтобы препарат обладал длительным действием в неветилируемых помещениях, целесообразно, во избежание появления острой или хронической интоксикации людей, использовать вещества, входящие в первую группу.

Из сказанного следует, что с точки зрения воздействия на человека в момент обработки большое значение имеет форма, в которой используются вещества (пары, аэрозоли растворов, эмульсий или дустов). Для последнего длительного и непрерывного действия (после окончания обработки) форма имеет уже меньшее значение, определяя лишь скорость испарения препарата.

Анализ помещенных в таблицы данных показывает, что трудно ожидать появления универсального препарата, отвечающего различным, нередко противоречивым требованиям. Поэтому в каждом отдельном случае приходится искать оптимальное решение с обязательным одновременным учетом всех рассмотренных факторов.

Приведенные данные показывают, что для использования в быту наиболее перспективны пиретроиды, в частности синтетические продукты. Из числа последних многие по своей избирательной токсичности превосходят природные пиретрины. В группе синтетических веществ самый большой интерес представляет неопинамин. Это связано с тем, что он обладает относительно лучшим сочетанием различных положительных свойств.

Неопинамин оказывает быстрое и мощное парализующее действие на насекомых как в виде аэрозолей, так и при топикальном нанесении, обладая вместе с тем малой

токсичностью в отношении теплокровных животных и человека. Для него не отмечено ни мутагенное, ни канцерогенное действие. При воздействии на летающих насекомых в его смесях с ДДВФ наблюдается наибольший синергизм. При комнатной температуре он представляет собой твердое, не имеющее запаха вещество, у которого низкое давление насыщенного пара. Неопинамин растворим в хладагентах: растворимость в хладагентах 11 и 12 при 25° С составляет соответственно 23,0 и 1,3%. В отличие от ряда других пиретроидов неопинамин достаточно стоек к атмосферным воздействиям при нанесении на различные поверхности.

Для предупреждения токсического воздействия аэрозолей препаратов на человека внимание должно быть обращено на дисперсность частиц. Как уже говорилось, для обработки помещений в борьбе с летающими насекомыми следует использовать высокодисперсные (более устойчивые) системы из веществ, обладающих высокой летучестью и мощным, быстрым парализующим действием. В течение времени, требующегося для поражения насекомых, аэрозольное облако практически не успеет разрушиться, а обязательное последующее проветривание помещения обеспечит удаление токсиканта.

В борьбе с нелетающими насекомыми при обработке поверхностей необходимо применять крупнодисперсные быстро оседающие аэрозоли менее летучих инсектицидов. При этом так же, как и в отношении летающих насекомых, целесообразно использовать различные смеси инсектицидов.

Пестициды в той или иной степени токсичны для человека. В ряде случаев они могут вызывать порчу поверхностей, на которые их наносят. Для достижения же требуемого результата обычно нужны сравнительно небольшие дозы. Поэтому пестициды применяют не в чистом виде, а в виде растворов.

Растворитель является вторым по значению компонентом инсектицидных препаратов. При рассмотрении роли растворителей следует учитывать, что их значение сводится не только к созданию гомогенной среды при растворении препаратов или к снижению концентрации последних. Важное значение имеет то, что образуя комплексы или сольваты с растворяемыми веществами, растворители нередко влияют на активность препаратов. Лучшим раство-

рителем для инсектицидов в аэрозольных баллонах является очищенный керосин.

Летучесть растворителя должна приближаться к летучести инсектицида, ибо давление паров растворителя имеет значение для активности инсектицида. Так, широко известный инсектицид ДДТ действует наиболее эффективно при сравнительно нелетучем растворителе. Эффективность теряется, если растворитель успевает почти полностью испариться, прежде чем капли попадут на насекомых. С другой стороны, при обработке поверхностей быстрое испарение растворителя приводит к образованию мелких, легко обламывающихся кристаллов препаратов, что облегчает захват токсиканта членистоногими.

Таким образом, использование быстро испаряющегося растворителя при малолетучем препарате может привести к тому, что частицы аэрозоля будут содержать только активное вещество. Если же последнее само обладает достаточно высоким давлением насыщенного пара, то аэродисперсная система быстро разрушится за счет полного испарения капель, и аэрозоля как такового мы уже иметь не будем. Активно действующее вещество перейдет в газовую фазу. За счет диффузии оно станет быстро рассеиваться, и будет значительно сложнее создать необходимую концентрацию препарата в воздухе и сохранить ее в течение требуемого промежутка времени. Поэтому при использовании слишком летучего растворителя может быть потеряно основное преимущество применения веществ в виде аэрозолей, когда препараты находятся в конденсированном состоянии и одновременно рассредоточены по всему объему. При этом удастся получить более высокую концентрацию вещества в единице обрабатываемого объема, нежели при переходе химикатов в газообразное состояние.

Подбирая растворители с различной летучестью, можно получать композиции с требуемой скоростью испарения, что имеет существенное значение для различных областей применения препаратов.

Для уничтожения тараканов и клопов получили широкое распространение аэрозольные баллоны, содержащие ДДТ, гамма-изомер гексахлорциклогексана и небольшое количество ДДВФ («Прима-71»). Весьма эффективны баллоны «Неофос 2», содержащие смесь неопинамина и ДДВФ.

Используя аэрозольные баллоны для уничтожения внутри жилья клопов, тараканов и других нелетающих насекомых, струю аэрозоля направляют на насекомых с расстояния 20 см при открытых окнах и форточках. После обработки комнаты следует тщательно проветрить. Для однократного применения в комнате площадью 18—20 м² можно использовать не более одного баллона емкостью 180 см³. При необходимости обработку новым баллоном можно повторить через 5—10 дней.

Перед выпуском смеси из помещения удаляют людей, домашних животных, птиц, рыб, выносят пищевые продукты. Обработку надо проводить при выключенных нагревательных приборах, избегая попадания капель на синтетические материалы, поверхности, покрытые лаком, и ткани, легко меняющие окраску. При выпуске смеси нельзя курить, следует по возможности избегать вдыхания препарата, при случайном его попадании в глаза необходимо их тут же промыть водой.

Борьба с летающими насекомыми в быту при помощи аэрозольных баллонов, когда обрабатываются ограниченные объемы, практически всегда оправдана. При истреблении же нелетающих насекомых использование их рационально только для локальной обработки мест скопления насекомых. При необходимости повсеместной обработки помещения баллоны неприменимы как вследствие высокой стоимости, так и ввиду токсического действия смесей на человека. В этом случае могут быть использованы гидравлические распылители.

К бытовым насекомым относится моль, которая не представляет опасности для человека, но наносит экономический ущерб. Существует четырнадцать видов моли. В квартирах живет мебельная, платяная, шубная, ковровая и войлочная моль. Личинки моли наносят вещам вред.

Первый признак того, что в квартире завелась моль — это появление по вечерам бабочек моли. Против бабочек можно применить любые аэрозольные баллоны, предназначенные для борьбы с летающими насекомыми.

Для истребления яиц, личинок и куколок моли шкафы, сундуки и другие предметы можно обработать препаратами из тех же аэрозольных баллонов, которые используют в борьбе с нелетающими насекомыми. Однако одежду с помощью этих баллонов обрабатывать не следует,

так как это может привести к появлению длительно непроходящего запаха растворителя.

Уничтожение бытовых насекомых, помимо улучшения условий быта, преследует также более важную цель борьбы с потенциальными переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний, в том числе и особо опасных для человека. Поэтому так важно привлечь широкие слои населения к борьбе с бытовыми насекомыми, опасность которых для человека усугубляется значительной быстротой их размножения.

Отпугивание кровососущих насекомых. Одной из важных задач, связанных с улучшением бытовых условий населения, проживающего в малоосвоенных районах, является защита людей от кровососущих летающих насекомых. На территории нашей страны, за исключением северных островов Арктики и покрытых вечными снегами высоких гор, нет районов, свободных от кровососущих двукрылых.

В ряде местностей, особенно в лесных и таежных районах, в долинах крупных рек Сибири и Дальнего Востока, массовые «нападения» кровососущих двукрылых являются настоящим бичом населения. Вред, причиняемый гнусом человеку, многообразен и велик: производительность труда людей, занятых на работах под открытым небом, резко снижается, а их нормальный отдых и сон нарушаются полчищами комаров, мошек, москитов и других проникающих в жилище кровососов. Многочисленные их укусы не только снижают работоспособность человека и вызывают потерю крови, но и отравляют организм. При каждом укусе кровосос впускает в ранку свою слюну, препятствующую свертыванию крови. Эта слюна ядовита и вызывает жжение и зуд в месте укуса, воспалительные процессы, а при массовом «нападении» — общее отравление. Расчесы зудящих мест и образование ран вследствие расчесывания открывают дорогу различным инфекциям. Многие виды кровососущих двукрылых являются фактическими или возможными переносчиками возбудителей болезней человека: малярии, москитной лихорадки и др.

Насекомые «влияют» и на производство. Известно, например, что в течение месяцев наиболее активного нападения гнуса производительность труда в леспромпхозах Восточной Сибири снижается на механизированных работах

на 10—20, а на немеханизированных — даже на 25—30%. Аналогичные результаты дали и хронометрические замеры, проведенные в периоды нападения комаров и мошек в леспромхозах Карельской АССР, Архангельской области и Хабаровского края.

От гнуса страдают работники колхозов и совхозов, лесники, землеустроители, мелиораторы, топографы, геологи и нефтяники, рыболовы и охотники. Во многих случаях, в особенности в труднодоступных районах, от гнуса защищаются при помощи индивидуальных средств — аэрозольных баллонов, содержащих отпугивающие вещества (репелленты).

Применение репеллентов позволяет защищать от нападения кровососов большие группы людей в тот период, когда работы по гидромелиорации и истреблению гнуса еще не развернуты, либо их проведение не дало ощутимых результатов, либо эти мероприятия в силу различных обстоятельств не могут быть осуществлены. Кроме того, истребление гнуса и гидротехнические мероприятия предполагают участие специалистов, снабженных соответствующей техникой; проведение подобных работ на всей территории распространения кровососов практически невозможно и не всегда оправданно. Применение же разнообразных репеллентов, в частности в аэрозольных баллонах, может быть осуществлено повсеместно.

В связи с тем, что репеллентные вещества наносят обычно на кожу или одежду людей, к препаратам предъявляют жесткие требования. Помимо того что они должны защищать обработанные участки (кожи, одежды) в течение нескольких часов при любых метеорологических условиях и любой интенсивности нападения кровососов, они должны быть не токсичными для людей, не раздражать кожу, не пачкать одежду, обладать косметическими достоинствами.

Эффективность отпугивающего действия во многом зависит от равномерности нанесения препарата. Это легче всего достигнуть переводя репелленты в состояние аэрозоля. При использовании для этих целей аэрозольных баллонов, поскольку речь идет о нанесении препаратов на поверхности, в упаковки вводят 50—60% пропеллента. Такое количество последнего обеспечивает нужную дисперсность и вместе с тем снижает опасность проникновения репеллентов в дыхательную систему человека.

Нанесение отпугивающих веществ на одежду нередко осуществляют путем пропитки ее при погружении в соответствующие растворы. При такой обработке ткань приобретает постоянное репеллентное действие, ибо испарение препаратов происходит как во время пребывания человека в зоне нападения гнуса, так и при хранении одежды.

Степень использования препаратов, которые с течением времени испаряются, определяется периодом пребывания человека в зоне нападения кровососов. Поэтому для повышения степени использования препаратов их целесообразно наносить тонким слоем в дозах, обеспечивающих защиту человека в период пребывания в зоне нападения гнуса. При необходимости продления срока защитного действия репеллент может быть нанесен заново.

Одним из факторов, определяющих эффективность и продолжительность репеллентной активности веществ, обладающих дистанционным действием, является характер их перехода в газообразное состояние.

Репеллентные свойства веществ (так же, как бактерицидные и инсектицидные) определяются особенностями химической структуры соединения. Однако кинетика испарения веществ также существенно сказывается на степени их биологической активности.

В поиске пищи насекомое руководствуется градиентом концентрации пахучих веществ, выделяемых пищей в соответствующем объеме воздуха. Роль репеллентов сводится к тому, чтобы либо маскировать запах добычи, либо отпугивать насекомое за счет создания неприятного для него запаха. В последнем случае при использовании репеллентов имеет место конкуренция между привлекающим действием добычи и репеллентным действием препаратов.

Обонятельные рецепторы членистоногих служат для восприятия химических раздражителей газообразных веществ. Для того чтобы вещество было воспринято рецепторами, оно должно присутствовать в воздухе в некоторой минимальной (пороговой) концентрации, величина которой различна для разных видов насекомых, а также зависит от их физиологического состояния.

Стойкость запаха в окружающей среде определяется кинетикой испарения вещества, содержание паров которого должно пополняться в воздухе, ибо в результате диффузии происходит их рассеивание. По-видимому, наилуч-

шие условия отпугивания насекомых создаются тогда, когда скорость испарения обеспечивает поддержание в воздухе концентрации препарата чуть выше пороговой. Вопрос о скорости испарения репеллентов аналогичен вопросам, связанным со стойкостью духов, где также в первую очередь рассматриваются явления перехода душистых веществ в газовую фазу.

Оценка препаратов, рекомендуемых в качестве репеллентов, производится по ряду параметров. Наиболее важным из них является отпугивающее свойство, количественно определяемое коэффициентом отпугивающего действия (КОД) *, а также токсичностью препарата по отношению к теплокровным животным. Это свойство определяет возможность и целесообразность использования тех или иных веществ как репеллентов в практических условиях.

Из комплекса физико-химических свойств, определяющих отпугивающее действие препаратов, одним из наиболее важных является давление насыщенного пара репеллента P_n .

Вещества, предлагаемые в качестве репеллентов, должны испаряться в таких количествах, чтобы они оказывали отпугивающее действие на членистоногих и чтобы над поверхностью обрабатываемого объекта (кожа, ткань) как можно дольше поддерживалась необходимая концентрация паров вещества. Составляя композицию из веществ с различным давлением паров, можно подобрать оптимальный вариант смеси, которая будет остроактивной и вместе с тем достаточно стойкой.

В табл. 12 приведены физико-химические свойства (давление насыщенных паров P_n , летучесть L , относительная скорость испарения $w_{отн}$) некоторых репеллентов при 20° С.

Из практики применения репеллентов известно, что терпинеол, обладая хорошим острым действием, быстро его теряет. С другой стороны, дибутилфталат проявляет сравнительно слабые репеллентные свойства. Исходя из приведенных данных, оптимальные значения давления

* Коэффициент отпугивающего действия показывает, на сколько процентов снижается число нападений на обработанную поверхность по сравнению с контрольной поверхностью, находящейся в тех же условиях в течение одного и того же времени.

насыщенного пара репеллентов находятся в пределах от 10^{-4} до 10^{-3} мм рт. ст.

Учитывая, что для достижения требуемого защитного эффекта необходимы сравнительно небольшие дозы репеллентов, а также их действие на кожу, препараты обычно используют не в чистом виде, а в виде растворов.

В настоящее время в качестве растворителей репеллентов в аэрозольных баллонах за рубежом нередко используют низшие одноатомные спирты (этиловый, изопропиловый). Однако применение спиртов приводит к то-

Таблица 12

Физико-химические свойства некоторых репеллентов

Вещество	Rn при 20°C, мм рт. ст.	L при 20°C, мг/м³	$w_{отн}$
Дибутыловый эфир фталевой кислоты (дибутилфталат)	$7,47 \cdot 10^{-5}$	1,14	1,00
N-бензоилгексаметиленмин (бензин)	$2,92 \cdot 10^{-4}$	3,24	3,92
Дигексаметиленкарбамид (карбоксид)	$3,13 \cdot 10^{-4}$	3,84	4,19
Пиперидиламид бензойной кислоты (N-бензоилпиперидин)	$5,68 \cdot 10^{-4}$	5,87	7,60
Диэтиламид м-толуиловой кислоты диэтилтолуамид, ДЭТА)	$1,16 \cdot 10^{-3}$	12,18	15,6
N,N-диэтиламид феноксиуксусной кислоты	$1,39 \cdot 10^{-3}$	15,79	18,6
Ацетилтетрагидрохинолин (кюзол А)	$2,28 \cdot 10^{-3}$	21,81	30,6
Диметыловый эфир фталевой кислоты (диметилфталат, ДМФ)	$2,69 \cdot 10^{-3}$	28,57	36,0
Терпинеол	0,13	1097	$1,74 \cdot 10^3$

му, что повышается агрессивность наполнителя, что в свою очередь ведет к коррозии внутренних поверхностей упаковки, снижая сроки ее хранения. Кроме того, введение спиртов в композицию с репеллентами повышает скорость испарения последних, ибо летучесть этих растворителей намного выше, чем отпугивающих средств. Отмеченное обстоятельство приводит к неизбежным потерям некоторых количеств активнордействующих веществ, что при длительном и широком использовании репеллентов (в районах массового нападения гнуса) может составить заметную величину.

По условиям совместимости со смесью хладонов 11 и 12 для ряда репеллентов можно было бы вообще избежать использования растворителя. Однако с точки зрения токсичности это нежелательно, ибо при нанесении веществ на кожу может возникнуть опасность появления вредных последствий из-за слишком высокой концентрации препарата. Кроме того, используя в виде чистых веществ такие органические репелленты, как диэтилтолуамид и некоторые другие, мы будем неизбежно превышать дозу нанесения, ибо из раствора вещество легче равномерно распределить по обрабатываемой поверхности.

В целях повышения степени использования полезного объема аэрозольного баллона, уменьшения скорости испарения смеси и снижения ее агрессивности в качестве растворителя вместо низших спиртов применяют диметилфталат. Последний сам обладает репеллентными свойствами, имеет низкую токсичность и характеризуется меньшей летучестью.

У нас в стране для обработки открытых частей тела и одежды с целью защиты от укусов комаров, мошек выпускают аэрозольные баллоны «Тайга», содержащие смесь диэтилтолуамида с диметилфталатом. С целью расширения спектра действия рекомендована композиция, содержащая, помимо названных веществ, *N*-бензоилпиридин.

Струей аэрозоля обрабатывают поверхность кожи или одежды в течение 10—20 сек с расстояния 10—12 см. По мере необходимости обработку повторяют. При этом следят, чтобы капли не попали в глаза, рот и на участки с кожными заболеваниями. Выпуск смеси производят вне жилых помещений. Препарат, нанесенный на кожу из баллона, защищает в зависимости от характера труда в течение 2—4 ч.

Применение аэрозольных баллонов с репеллентами, помимо общих преимуществ, отмеченных выше, имеет ряд специфических положительных сторон. Равномерное, тонкослойное, в небольших дозах нанесение препаратов на кожу снижает токсическое действие последних на человека; кроме того, их не втирают в кожу, как при применении лосьона или крема.

Помимо баллонов, для обработки одежды и кожи растворами или эмульсиями репеллентов применяют другие распыливающие устройства — «Дезинфаль», «Автомаск».

Дезодорация * представляет собой процесс устранения неприятных запахов, обусловленных присутствием в воздухе веществ из таких классов соединений как меркаптаны, альдегиды, кетоны, амины, спирты, сульфиды, ненасыщенные углеводороды.

Истинная дезодорация в противоположность маскированию неприятных запахов происходит при взаимодействии дезодорантов с веществами, которые вызывают неприятные ощущения. Если вещества, создающие неприятные запахи, присутствуют в воздухе, то для наилучшего взаимодействия с ними дезодоранты следует также вводить в воздух (в виде мелкодисперсных аэрозолей или газов). Наличие неприятного запаха в помещении свидетельствует о нарушении правил личной гигиены, неудовлетворительной работы вентиляции и несвоевременном проведении санитарных мероприятий. Использование в данном случае средств, маскирующих нежелательные запахи, может создать ошибочное впечатление благополучного состояния атмосферы.

Борьба с неприятными запахами имеет санитарное и эстетическое значение. Поскольку запахи оказывают на людей то или иное психо-физиологическое воздействие, то дезодорация положительно влияет на человека, повышает его эмоциональный тонус и способствует увеличению работоспособности.

Дезодорация целесообразна для случаев, когда удаление дурно пахнущих веществ иными способами невозможно (закрытые помещения, отсутствие вентиляции, острый дефицит воды). Появление неприятных запахов часто связано с жизнедеятельностью микроорганизмов, вызывающих гниение, поэтому дезодорации должно предшествовать уничтожение гнилостных микроорганизмов.

Для дезодорации воздуха в бытовых условиях наибольшее распространение получили аэрозольные баллоны. В качестве дезодорантов в них применяют гликоли (пропиленгликоль, триэтиленгликоль и их смеси), наряду с которыми присутствуют одоранты (ароматизирующие вещества и бактерициды (гексахлорофен и другие производные фенола, четвертичные аммониевые соли).

Для дезодорации жилых помещений выпускаются аэрозольные баллоны «Свежесть», «Сиреневый», «Ландыш», «Озидон», «Розовый» и другие, изготовленные с исполь-

* От лат. odoratio — запах.

зованием гликолей и различных отдушек. В составе некоторых дезодорантов этой группы есть и другие активнодействующие вещества. Например, дезодорант «Букет» содержит хлорофилло-каротиновый экстракт, полученный из молодой сосновой хвои, и молочную кислоту; «Лесной» — пихтовое масло, терпинеол; «Дина» — прополис; «Ветерок» — хлорамин.

Для дезодорации ванн и туалетных комнат предназначены аэрозольные баллоны «Дезитол» и «Гвоздика», имеющие в составе содержимого гликоли и гексахлорофен. Аэрозольный баллон «Кок» имеет повышенное содержание гликолей и рекомендуется для использования в кухнях. При дезодорации выходящую из баллона струю аэрозоля направляют вверх в воздух, в разные стороны. Распыление проводят в течение 2—4 с.

Для целей бытовой дезинфекции аэрозоли получили несколько меньшее распространение, нежели для борьбы с насекомыми. Это связано с рядом обстоятельств.

Для эффективного воздействия на бактериальную клетку бактерициды применяют в быту только в виде растворов. Это объясняется тем обстоятельством, что для обеспечения необходимого контакта препарата с микроорганизмом требуется максимально возможная степень дисперсности. Последней является молекулярная, атомная и ионная степень дисперсности, достигаемая только в растворах. Таким образом, подвергающаяся воздействию бактерицида микробная клетка соприкасается в этих случаях с препаратами всей своей поверхностью.

Применение для обеззараживания других форм, в частности порошков и дустов, невозможно, так как в этом случае не обеспечивается контакт между микроорганизмом и молекулами активнодействующего вещества, находящимися в твердой фазе. Если бы создавались содержащие бактерициды дусты, то они бы не давали полного обеззараживания из-за невозможности равномерного покрытия бактерицидами дезинфицируемых поверхностей.

Необходимо иметь в виду также то обстоятельство, что микроорганизмы во внешней среде пассивны. Они практически неподвижны на поверхностях и лишь под воздействием внешних сил могут быть перенесены с одного места на другое. Поэтому в случаях, когда необходимо добиться уничтожения возбудителя инфекции, находящегося в воздухе, препарат должен быть распределен по

всему объему. При дезинфекции поверхностей необходимо равномерное покрытие всей поверхности. Различие при воздействии на насекомых и микробную клетку объясняется отмеченным выше обстоятельством, характеризующим различие в подвижности, а также, в частности, тем, что микроорганизмы в сотни раз меньше самых малых насекомых. С другой стороны, применение дезинфицирующих средств в виде аэрозолей в присутствии больного во многих случаях противопоказано.

Аэрозоли из ряда названных баллонов обладают антимикробными свойствами. Так, например, аэрозольные баллоны «Розовый», «Сиреневый», «Букет» могут быть использованы для снижения количества микроорганизмов в воздухе помещений при острых респираторных заболеваниях и при гриппе; в последнем случае наиболее эффективным является «Букет».

Для уменьшения числа микроорганизмов в воздухе препараты надо распылять в течение 1—2 с на кубический метр воздуха помещения не более трех-пяти раз в сутки. После этого помещение следует закрыть на полчаса, а затем проветрить.

В целях сравнительной оценки была проверена эффективность влажной уборки, сквозного проветривания, ультрафиолетового облучения и аэрозолей. Результаты исследований показали, что после влажной уборки содержание микробов снижалось на 56,4%, а после сквозного проветривания — на 69,3%. Ультрафиолетовый заслон, создаваемый с помощью настенного бактерицидного облучателя, установленного в помещении над дверью, вызывал снижение содержания микробов через 3 ч на 72,7%. Применение состава «Букет» позволило получить обеззараживание воздуха через 30 мин.

К данной группе средств относятся дезодоранты индивидуального пользования (так называемые «дезодоранты тела»). Эти препараты предназначены для борьбы с неприятными запахами, возникающими при испарении пота (перспирации).

На некоторых небольших участках кожи, таких как подмышечные области, ступни ног, ладони, складки между пальцами и др., составляющих менее десяти процентов всей поверхности тела, происходит непрерывное потоотделение.

В течение многих лет считали, что в образовании запа-

ха пота ведущую роль играют жирные кислоты — валериановая, капроновая, каприловая и др., входящие в состав секрета апокриновых желез. Однако недавно установлено, что выделяющийся на поверхности кожи секрет апокриновых потовых желез первоначально лишен запаха. Последний появляется в результате жизнедеятельности микроорганизмов, имеющих на коже.

Существует три группы дезодорантов тела. К первой группе относят композиции, имеющие в своем составе бактерициды (формалин, хлорированный фенол, уротропин, резорцин, ацетометоксан). Особенность действия этих препаратов состоит в том, что антимикробные вещества уничтожают находящиеся на коже бактерии, которые являются первопричиной появления неприятного запаха (осмидроза), так как именно они разлагают составные части пота с образованием дурнопахнущих веществ.

Во вторую группу входят препараты, содержащие противокислители (дилудин, альфа-токоферол). Последние препятствуют образованию окисленных продуктов потовыделения, имеющих неприятный запах.

Третья группа препаратов включает в себя составы, содержащие антиперспиранты — вещества, уменьшающие потовыделение, понижающие проницаемость стенок потовых желез и замедляющие проникновение секрета к поверхности кожи. В качестве антиперспирантов применяют хлористый алюминий, нитрилтриэтоксИАлюминий и бис-(бета-этоксИ-этоксИ)-изопропоксид алюминия.

Из названных групп наиболее перспективны первые две, так как дезодоранты тела не должны содержать веществ, которые бы подавляли функции апокриновых потовых желез и тем самым нарушали бы нормальные условия жизнедеятельности организма. В качестве дезодорантов тела выпускаются аэрозольные баллоны «Прохлада», «Гигея», «Флеорол». Специально для обработки ног рекомендован дезодорант «Тюльпан», имеющий в своем составе уротропин, резорцин, ментол, гликоль. При использовании аэрозольных баллонов, содержащих дезодоранты тела, струю аэрозоля в течение одной-двух секунд направляют на кожу в области с повышенным потовыделением.

Дезодоранты тела рассчитаны на ежедневное применение в течение длительного времени. Пользоваться ими надо строго в соответствии с рекомендациями. Увеличение дозы препарата нежелательно, так как это может при-

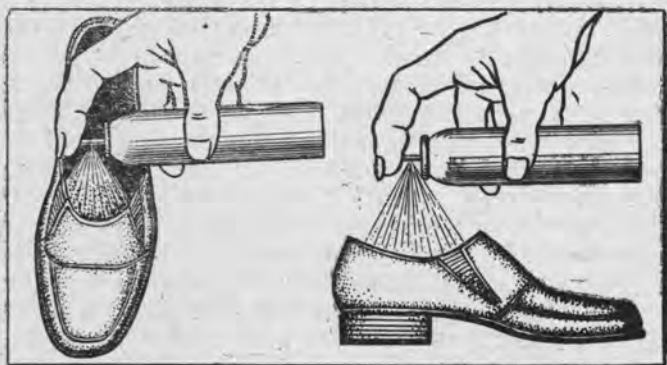


Рис. 28. Дезодорация и дезинфекция обуви с помощью аэрозольного баллона

вести к уничтожению не только тех микробов, которые разлагают пот, но вообще всех микроорганизмов на коже. Последние же необходимы нам для обеспечения нормальных функций кожи.

Сравнительно недавно появились дезодоранты тела, не содержащие спирта в качестве растворителя. Их применение дает возможность избежать резкого снижения числа микроорганизмов на коже.

В ряде случаев требуется провести дезодорацию обуви. При этом устранение неприятного запаха целесообразно совместить с дезинфекцией. Это связано с тем, что у людей встречаются грибковые заболевания (в частности, микозы стоп), которые передаются главным образом через обувь. Здесь особенно удобно применить аэрозольные баллоны, например, для обработки сапог или туфель (рис. 28).

Для дезинфекции и дезодорации обуви рекомендованы аэрозольные баллоны «Сапожок 74», содержащие раствор формальдегида. Они выгодно отличаются от ранее выпускавшихся упаковок под названием «Сапожок» тем, что наряду с дезодорирующим действием обладают противогрибковыми свойствами.

Для дезодорации и борьбы с потливостью стельку обрабатывают в течение 2—3 с, после чего обувь можно надевать. Повторные обработки проводят по мере необходимости. Для дезинфекции стельку обрабатывают струей аэрозоля с расстояния 10—15 см до увлажнения. Затем обувь необходимо завернуть в полиэтиленовый пакет и

продержать в нем в течение трех часов, после чего проветрить. При необходимости обработку можно повторить через 10—15 дней.

Лекарственные средства

Прием лекарств внутрь и инъекции в настоящее время являются основными способами терапевтического лечения. Принятое внутрь лекарство, прежде чем попасть в кровь, проходит от полости рта до кишечника долгий путь, на котором оно подвергается активному воздействию ферментов желудочного и кишечного соков и частично разрушается. У многих больных, особенно у детей, прием лекарств внутрь вызывает тошноту, рвоту и расстройство кишечника. Что касается инъекций, то выполнение последних не всегда возможно: оно требует определенных навыков в обращении со шприцем и условий для его стерилизации. Однако в ряде случаев можно избежать инъекции или приема лекарства и направить его в кровь или к пораженным органам по кратчайшему пути с помощью аэрозолей.

Для лечебной практики важна стерильность, возможность дозирования распыляемых медикаментов и получение аэрозолей с заданными размерами частиц. В бытовых условиях наиболее удобно для данных целей использовать аэрозольные баллоны.

Исходя из их назначения, в аэрозольные баллоны вводят те или иные количества пропеллентов. Чтобы избежать попадания жидкого пропеллента в дыхательные пути, в клапане устанавливается специальный адаптор, который способствует испарению пропеллента. Аэрозольные баллоны с лекарственными средствами, как правило, снабжаются специальными насадками, позволяющими точно направить струю аэрозоля непосредственно в больной орган (в рот, в ухо или в нос) и при этом избежать потерь препарата при распылении.

Практически полное отсутствие кислорода в баллонах создает лучшие условия для обеспечения стабильности препаратов при хранении, в частности, антибиотиков.

Грипп, насморк, ангины, гайморит или фронтит, хронический тонзиллит и ларингит, бронхит, астма, воспаление легких и даже туберкулез — все эти заболевания органов дыхания можно быстро, в любых условиях, без потерь

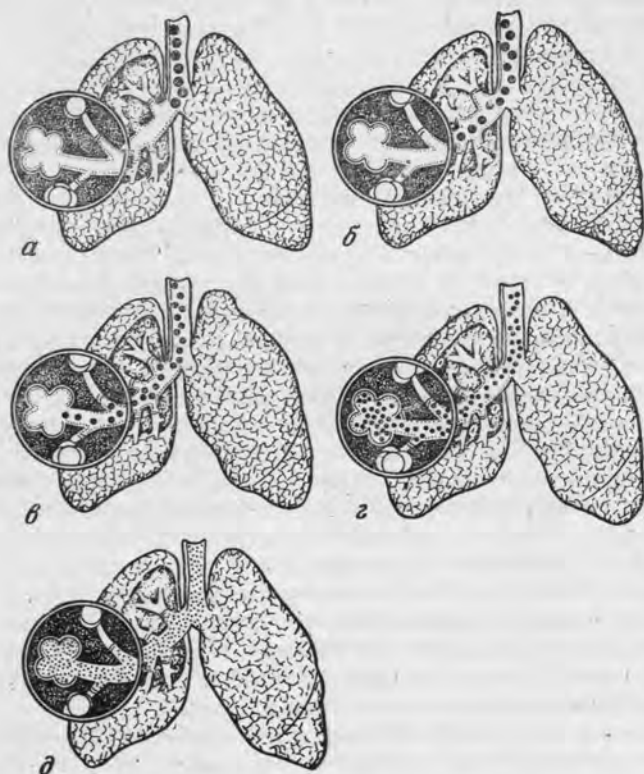


Рис. 29. Схема прохождения аэрозоля в органы дыхания в зависимости от диаметра частиц

а — до 50 мкм; б — до 30 мкм, в — до 20 мкм, г — до 10 мкм, д — до 5 мкм

лекарств и с большим эффектом лечить путем вдыхания соответствующих препаратов в виде аэрозолей. Чем мельче частицы аэрозоля, тем глубже они проникают в органы дыхания (рис. 29).

Дыхательная система представляет собой эффективный фильтр, который задерживает относительно крупные частицы в верхних дыхательных путях и препятствует проникновению их в легкие. Первым препятствием для частиц аэрозоля является слизистая оболочка полости носа. Установлено, что частицы, диаметром больше 50 мкм, оседают в носу и носоглотке. Частицы размером от 30 до 50 мкм

проникают в трахею и крупные бронхи, в средние и более мелкие бронхи проходят частицы диаметром от 10 до 30 мкм, альвеол достигают частицы не более 5 мкм, 50% частиц диаметром меньше 0,5 мкм выдыхается обратно. Однако при диаметре меньше 0,2 мкм осаждение частиц увеличивается с уменьшением их размера вследствие возрастания броуновского движения. Поэтому, создавая аэрозоли с частицами строго определенного размера, их можно точно послать во все отделы носа, носоглотки, в придаточные пазухи, бронхи и даже альвеолы. Кстати, именно химической активностью и высокой проникающей способностью частиц объясняется тот огромный вред, который при сравнительно небольшом поглощении никотина приносит организму курение: табачный дым — это тоже аэрозоль, содержащий частицы размером в десятые доли микрометра.

Использование лекарственных веществ в виде аэрозолей необходимо в тех случаях, когда нужно воздействовать препаратом на большие поверхности или когда аэрозоль имеет прямое преимущество перед другими формами. Это прежде всего относится к заболеваниям органов дыхания. Лекарство, переведенное в аэродисперсное состояние, легче вдыхается и может достигать наиболее глубоко расположенных областей дыхательных путей и легких. Наряду с этим медикамент будет осаждаться на значительной площади (порядка 100 м²) слизистой оболочки дыхательных путей и альвеол легких.

Среди заболеваний, приводящих к временной нетрудоспособности, одно из первых мест приходится на острые заболевания дыхательных путей. Для лечения носоглотки и гортани путем ингаляций может быть использован аэрозольный баллон «Каметон». Препарат содержит хлорбутанолгидрат и пропеллент. Его применяют при хронических воспалительных заболеваниях носа, глотки и гортани, главным образом в стадии обострения. Вводя насадку в полость рта и нажимая на распылительную головку, препарат вдыхают в течение одной-двух секунд. Вдыхание производят один-два раза в сутки. При заболеваниях носа удобнее пользоваться баллонами с дозирующим клапаном.

Для лечения воспалений верхних дыхательных путей, главным образом острых ринитов и фарингитов, применяют препарат камфомен в аэрозольных баллонах с дозирующими клапанами. Препарат содержит ментол, эвка-

липтовое, камфарное, касторовое и оливковое масла, фурацилин, этиловый спирт, пропеллент. Ингаляции проводят 3—4 раза в сутки после еды, вводя насадку в полость рта или носа.

Для купирования приступов бронхиальной астмы (легкой и средней тяжести) и для снятия астматического состояния при бронхитах и других хронических заболеваниях органов дыхания используют препарат эфатин. Последний представляет собой прозрачную жидкость, содержащую сульфат атропина, гидрохлорид эфедрина, новокаин, этиловый спирт. Для препарата применяют аэрозольные баллоны, снабженные дозирующим клапаном. Его обычно назначают в виде ингаляций по 1—5 раз в сутки.

Не меньший эффект дает применение лекарственных средств в виде аэрозолей для лечения заболеваний кожи, открытых ран, ссадин и особенно ожогов. Обработка этих местных поражений лекарственными препаратами и последующие перевязки, как правило, сопровождаются болезненными ощущениями и требуют от врача ювелирного мастерства. Используя препараты в виде аэрозолей, на рану можно направить струю смеси лекарств и жидкого пленкообразующего вещества, которое покроем больной участок тонкой, прозрачной и эластичной пленкой, заменяющей повязку. Она не будет мешать заживлению раны и ее вентиляции, а врач, не снимая пленку, сможет следить за ходом заживления. Смена такой «повязки» может происходить безболезненно — с помощью аэрозоля препарата, растворяющего пленку.

Применение аэрозольных баллонов с пленкообразующими веществами позволяет самому больному, без посторонней помощи быстро наложить повязку. Удобство, надежность, возможность применения в любом месте, экономия перевязочных средств обусловили распространение аэрозольных баллонов с пленкообразующими веществами.

Для лечения ожогов у нас в стране рекомендован ряд препаратов в аэрозольной упаковке: левовинизоль, ливинан, оксикиклозоль, оксикорт, геокортон. Их применяют для лечения ожогов, площадь которых не превышает 20 см².

Левовинизоль представляет собой маслянистую жидкость, в состав которой входят левомецетин, этиловый спирт, винилин (бальзам Шостаковского), линетол, пропеллент. Препарат применяют для лечения поверхностных и ограниченных глубоких ожогов, пролежней, язв, инфи-

цированных ран. Левовинизоль наносят на рану 2—3 раза в неделю.

Ливиан содержит линетол, рыбий жир, ацетат альфа-токоферола, анестезин, цимналь, подсолнечное масло, масло лаванды, этиловый спирт, пропеллент. Препарат применяют не менее одного раза в день в течение нескольких дней.

Оксициклозоль представляет собой суспензию желтого цвета, содержащую гидрохлорид окситетрациклина и преднизон. Препарат используют для лечения ожогов, инфицированных ран. Перед употреблением баллон следует встряхнуть. Препарат наносят на пораженную поверхность ежедневно или 2—3 раза в неделю в зависимости от степени поражения. При необходимости его применяют чаще (2—5 раз в сутки).

В Польской Народной Республике и в Социалистической Федеративной Республике Югославии выпускаются аналогичные препараты под названиями «Оксикорт» и «Геокортон-спрей». Они содержат гидрохлорид окситетрациклина и гидрокортизон.

Для защиты и лечения небольших кожных ран рекомендован препарат лифузоль. Он содержит фурацилин, смолу БМК-5, линетол, ацетон и пропеллент. При обработке раны препарат распыляют в течение одной-двух секунд трехкратно с небольшими паузами (15—20 с) для подсыхания пленки. Легковоспламеняющаяся жидкость с характерным запахом ацетона при испарении растворителя образует тонкую прозрачную эластичную пленку желтоватого цвета. Пленка остается на коже в течение 6—8 дней и может быть удалена спиртом, эфиром, хлороформом, ацетоном.

Для лечения мелких травм кожи положительные результаты дает применение аэрозольных баллонов, имеющих название «Йодовинизоль». Они содержат спиртовой раствор йодофора — поливинилбутираль-йода. Йодофору представляют собой комплексные соединения йода с высокополимерами. Сохраняя высокие антисептические свойства йода, йодофору практически нетоксичны, не вызывают раздражения кожи, наблюдающегося при использовании спиртовой настойки йода или раствора Люголя (содержащего йод в водном растворе йодистого калия). Йодофору отличаются устойчивостью при хранении.

Применение аэрозольных баллонов «Йодовинизоль»

позволяет создать на коже тонкую, эластичную антисептическую пленку. При этом препарат наносится непосредственно на пораженный участок, что исключает дополнительные раздражения и возможность механической травмы. Обработка раны из аэрозольного баллона проста по технике, занимает мало времени, дает значительную экономию перевязочного материала и медикаментов.

Следует иметь в виду, что любое лекарство — это тонкий химический инструмент, с помощью которого врач вмешивается в естественное течение процессов в организме. Лекарство должно возвращать нарушенные процессы к их нормальному состоянию. Для каждого пациента врач подбирает средство, в соответствии с особенностями организма больного, следит за действием лекарства, устанавливает наиболее благоприятную дозу и схему применения. Сказанное в равной степени относится ко всем лекарственным средствам, в том числе и в виде аэрозолей. Поэтому использование аэрозольных баллонов, содержащих медикаменты, всегда должно находиться под контролем врача.

Средства хозяйственного назначения

В домашнем обиходе химические вещества во многих случаях применяют в виде аэрозолей. Наибольшей популярностью пользуются аэрозольные баллоны. Их применение позволяет избежать предосторожностей — многие работы можно проводить в обычном костюме. Сокращение времени и сил при использовании аэрозольных баллонов (отпадает необходимость в подготовительных работах) также делает их применение целесообразным.

Одежда и обувь требуют систематического ухода. Для придания вещам лучшего внешнего вида и для их мелкого ремонта в домашних условиях нередко применяют препараты в виде аэрозолей.

Для поддержания хорошего вида, например, дамских блузок или мужских верхних рубашек после стирки их приходится подвергать отделочным операциям в домашних условиях, в частности подкрахмаливать. Нередко крахмалят все изделия целиком. Это ведет к повышенному потоотделению, в особенности в теплое время года, и создает для человека определенные неудобства. Фактически в подкрахмаливании нуждаются воротничок и манжеты

рубашки, жабо у блузки. В домашних условиях для этого используют аэрозольные баллоны «Элегант» и «Дайнис». Нажимая пальцем на распыливающую головку, обрызгивают без предварительного увлажнения накрахмаливаемое место, а затем его тут же проглаживают. При этом на каждом участке обрабатываемой вещи достигается требуемая жесткость. Названные баллоны содержат раствор поливинилацетатного лака в спирте с добавлением касторового масла. Эти вещества не оставляют пятен и пригодны для придания жесткости любым текстильным изделиям всех цветов, причем жесткость сохраняется после нескольких стирок.

Для защиты изделий из текстиля, замши, велюра и искусственного меха от воздействия атмосферных осадков могут быть использованы аэрозольные баллоны «Гидрофоб». Эти же баллоны применяют для повышения упругости ткани и придания несминаемости, снижения вытягивания материала и изнашивания его главным образом в местах изгибов. Использование таких баллонов позволяет проводить ашпретирование текстильных изделий в домашних условиях без термообработки.

В некоторых случаях отдельным предметам одежды (плащи, пальто, костюмы, куртки, головные уборы), обуви, зонтам и палаткам требуется придать водоотталкивающие (гидрофобные свойства). Для этого может быть рекомендован аэрозольный баллон «Осень», содержащий кремнийорганические соединения и органические растворители.

Много огорчений детям и взрослым доставляют пятна на одежде. Для их устранения используют пятновыводящее средство в аэрозольной упаковке «Оригинал», в состав которого входят органические растворители и адсорбент аэросил.

Для освежения и подкраски изделий из велюра и замши (куртки, сумки, пояса, обувь и др.) могут быть использованы аэрозольные баллоны под названием «Велюр» (бесцветный, черный, коричневый), содержащие красители, гидрофобизирующую жидкость и органические растворители. Их применение реставрирует ворс и придает ему водоотталкивающие свойства.

Придать кожаной обуви, сумке, поясу блеск можно с помощью аэрозольного баллона «Адо». Образующаяся пленка сообщает поверхности водоотталкивающие свойства.

ва, облегчает очистку изделий от загрязнений. Состав бесцветный, им можно обрабатывать изделия из натуральной кожи любых цветов, кроме белого.

Получили распространение аэрозольные баллоны, предназначенные для обновления или изменения цвета кожаных изделий. Баллоны, выпускаемые под названием «Нитроэмаль для кожи», содержат нитрокраски семи основных цветов (черного, белого, зеленого, желтого, красного, синего и коричневого), этилацетат, этиловый спирт, ацетон.

Для придания перламутрового оттенка изделиям из кожи может быть использован аэрозольный баллон «ПЭФ». Он содержит жемчужный пат, нитролак, растворители. Пропеллентом служит хладон 12. Обрабатываемую поверхность предварительно очищают от пыли и грязи, ношеную обувь следует освободить скипидаром или бензином от крема и высушить. Перламутровое покрытие наносят тонким слоем 1—2 раза через 10—15 мин, после чего дают ему хорошо высохнуть. Перед обработкой баллон следует встряхнуть. Для лучшего перемешивания внутри имеется шарик. После работы баллон следует перевернуть дном вверх и, нажимая на распыливающую головку в течение 2—3 с, продуть пропеллентом выходное отверстие.

Так же, как одежда и обувь, жилище и находящиеся в нем предметы — мебель, картины, вазы для цветов и т. п. — требуют систематического ухода. Мытье оконных стекол является трудоемким делом. Однако его можно существенно упростить, воспользовавшись аэрозольным баллоном, имеющим символическое название «Секунда». Он содержит синтетическое моющее средство, изопропиловый спирт, воду и пропеллент хладон 12. При выпуске смеси из баллона на поверхности стекла образуется слой пены, которую затем удаляют мягкой тряпкой. При этом стекло делается не только прозрачным, но и приобретает блеск. Эти аэрозольные баллоны с успехом применяют также для чистки зеркал, изделий из фарфора и фаянса, различных хрустальных предметов. Пользование данным баллоном безопасно, ибо выходящая из него смесь не оставляет пятен на гардинах, портьерах, коврах.

Для чистки ванн, раковин и унитазов могут быть использованы аэрозольные баллоны «Чистота-71», содержащие этиловый спирт, синтанол, триэтанолламин, ароматизирующие добавки.

Популярность среди населения полированной и лакированной мебели вызвала потребность в средствах для ухода за ней. При вытирании пыли даже самой мягкой тряпкой постепенно утрачивается первоначальный блеск. Виною этому абразивные свойства пыли, твердые частицы которой при движении во время протирания царапают полированную поверхность. Действие солнечных лучей и влаги воздуха в свою очередь вызывает с течением времени потерю первоначального вида. Кроме того, как бы тщательно не упаковывалась мебель при ее перевозке из магазина или при переезде в новую квартиру, неизбежно появляются мелкие дефекты — потертости, царапины и пр.

Для обновления полированной мебели может быть рекомендован аэрозольный баллон «Лучистый», в состав содержимого которого входят полиметилсилоксановая жидкость, льняное масло, бензальдегид и уайт-спирт в качестве растворителя. На предварительно очищенную от пыли полированную поверхность деревянной мебели наносят смесь в течение 45—60 с на квадратный метр обрабатываемой площади. Затем мягкой тканью или ватным тампоном снимают с поверхности растворенные загрязнения и лишнюю жидкость. Обработанной поверхности дают высохнуть, на что уходит не более 15 мин, после чего ее протирают сухой мягкой (например, шерстяной) тканью.

Для обновления лакированной мебели могут быть использованы аэрозольные баллоны, содержащие нитроцеллюлозный лак и смеси растворителей — ацетона, этилацетата, этилового спирта и этилцеллозольва. Перед покрытием поверхность следует хорошо очистить, используя для этого бензин. Лак рекомендуется наносить тонкими слоями 2—4 раза с промежутками в 5—10 мин. Во избежание засорения сопла распылительной головки после окончания обработки баллон необходимо повернуть головкой вниз и, нажимая на нее в течение не более 5 с, продуть отверстие пропеллентом.

Для удаления жирных пятен и пыли с лакированной и полированной мебели используют аэрозольные баллоны «Комфорт», содержащие силиконы и растворители. После обработки мебель приобретает блеск и водоотталкивающие свойства.

В бытовых условиях нередко нужно побелить потолок или окрасить стены. Для этого с успехом может быть применена распыливающая аппаратура типа «Автомат»

и др. Однако гораздо чаще возникает необходимость в мелких подкрасочных работах, для которых нашли применение аэрозольные баллоны. Они являются удобным устройством для проведения таких работ в домашних условиях или во время путешествия. Упомянутые материалы в баллоне уже обладают необходимой вязкостью и не требуют дополнительного разбавления растворителем. Преимущество аэрозольной упаковки перед обычной заключается и в возможности сравнительно длительного хранения лакокрасочных материалов благодаря ее герметичности. С помощью аэрозольных баллонов удастся получать желаемую толщину покрытия при хорошем его качестве.

В аэрозольные баллоны помещают лаки, эмали, краски, в состав которых входят как природные, так и синтетические смолы (нитроцеллюлозные, алкидные, акриловые и др.).

Для подкраски металлических поверхностей, для восстановления внешнего вида холодильников, стиральных машин, ванн, раковин, для закрашивания царапин на автомобилях, мотоциклах, мопедах и т. д. выпускаются аэрозольные баллоны, содержащие нитроэмаль различных цветов. В качестве растворителей применяют смесь бутыл- и этилацетата. Пропеллентом служит хладон 12.

Во всех случаях нанесению эмали должна предшествовать грунтовка поверхности. Для этого выпускаются аэрозольные баллоны «Грунт». Они содержат нитроглифталевую грунтовку и смесь растворителей — циклогексанона, ацетона и этилацетата. Пропеллентом служит хладон 12.

С каждым годом у нас в стране увеличивается число выпускаемых для населения легковых автомобилей. Для ухода за автомобилем выпускаются современные средства, получившие название «автокосметики». Особенно удобно применять их в виде аэрозолей.

Наиболее важное значение среди средств ухода за автомобилем, применяемых в виде аэрозолей, имеют антиобледенители для ветрового стекла, прозрачность и чистота которого во многом определяют безопасность движения.

В состав содержимого таких баллонов входят пленкообразующее вещество, изопропиловый спирт и этиленгликоль. В некоторые композиции вводят также небольшие количества поверхностно-активных веществ; такие составы предохраняют стекло не только от обледенения, но и препятствуют его запотеванию. Аэрозольные баллоны вы-

пускаются под названием «Автоантизапотеватель». С их помощью можно также очистить замерзшие окна в квартире. Препарат не вызывает коррозии и не разрушает уплотнительную резину автомобильных стекол.

Для удаления жировых пятен и обновления покрытия кузовов легковых автомобилей и других металлических поверхностей с нитроэмалями или синтетическими покрытиями применяют аэрозольные баллоны «Автополироль», содержащие смесь восков, воскоподобных продуктов, органических растворителей, минеральных масел и кремнийорганических соединений. Перед нанесением препарата поверхность должна быть очищена от пыли и влаги. Состав наносят тонким слоем и через 10—15 мин просохшую поверхность протирают сухой шерстяной тканью.

Для защиты хромированных поверхностей кузова автомобиля от химических и механических повреждений служат аэрозольные баллоны «Автоантикор-1». В состав содержимого таких упаковок входят кремнийорганические смолы и органические растворители. Перед нанесением препарата хромированные поверхности очищают бензином и протирают насухо. Нанесенный состав высыхает примерно за 30 мин. При повторном использовании баллона ранее образовавшуюся пленку следует вначале удалить с помощью ацетона.

Для подкраски и ликвидации мелких повреждений покрытий колесных дисков и кузовов легковых автомобилей выпускаются аэрозольные баллоны «Автоэмаль». Упаковки содержат эмаль и органические растворители. Перед нанесением состава с обрабатываемой поверхности должна быть удалена старая краска. Баллон необходимо встряхивать в течение 1 мин, после чего эмаль наносится в два тонких слоя. Первый слой высыхает примерно за 20 мин, для просушки второго требуется 24 ч. После использования баллон следует перевернуть вверх дном и продуть отверстие в течение 2—3 с.

С целью защиты от коррозии наружных поверхностей металлических частей автомашин (в первую очередь днища) или других механизмов, испытывающих воздействие атмосферных осадков и насыпанной в зимнее время на дорогах соли, используют аэрозольные баллоны «Антикор». Последние содержат минеральные масла, органические растворители и ингибиторы. Пропеллентом служит хладон 12.

Для очистки поверхностей автомобилей, мотоциклов, велосипедов от битумных, жировых и масляных пятен выпускают аэрозольные баллоны, содержащие смесь растворителей, дизельного топлива и пропеллента. Для очистки двигателей автомобилей, мотоциклов, катеров от нерастворимых в воде загрязнений выпускают аэрозольные баллоны, в состав содержимого которых входят раствор поверхностно-активного вещества, ингибитор коррозии и пропеллент.

Для окраски двигателей автомобилей (в особенности труднодоступных частей) с целью предохранения их от коррозии выпускаются аэрозольные баллоны «Автокраска», содержащие смесь кремнийорганических смол, пигмент и органический растворитель. При нанесении на поверхность двигателя состав создает термо-, бензо- и маслостойкую пленку.

Эффективно применение аэрозольных баллонов «Автомасзка для замков», содержащих смазку, приборное масло и органический растворитель. Состав предотвращает замерзание замков при их охлаждении вплоть до -50°C .

Высокодисперсный (коллоидный) графит в смеси с цилиндрическим маслом входит в состав содержимого аэрозольных баллонов «Аэрографит», используемых для смазывания цепей мотоциклов, велосипедов, рессор, тормозных тросов.

Продувка и просушка свечей зажигания двигателей автомобилей, мотоциклов, мопедов, подвесных моторов лодок и тракторов может быть осуществлена при помощи аэрозольных баллонов, содержащих трихлорэтилен.

Парфюмерно-косметические средства

Применение одеколона в виде аэрозоля широко известно. Любой парикмахер наряду с ножницами и бритвой имеет пульверизатор, которым он пользуется после бритья или стрижки клиента. Портативные пульверизаторы для духов и одеколона получили распространение в домашних условиях. Их применение экономит расход сравнительно дорогих душистых веществ, дает возможность более рационально их использовать. Некоторое неудобство состоит лишь в том, что при употреблении пульверизатора заняты обе руки и затрачивается мышечная энергия. Кроме того,

сосуд периодически нужно заливать жидкостью, часть которой с течением времени неизбежно испаряется. В некоторых случаях это приводит к изменению первоначальной композиции и, следовательно, к нарушению букета (запаха). Кроме того, пульверизатором можно пользоваться только в квартире или в парикмахерской — в дамскую сумочку, чемодан или портфель его не положишь.

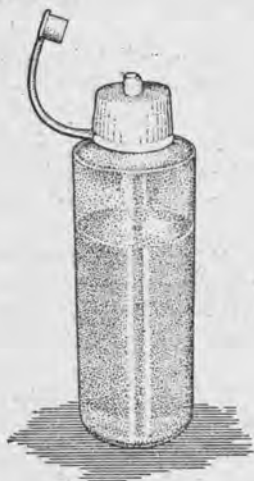


Рис. 30.
Эластичный сосуд
для получения аэрозолей

Некоторое распространение получили эластичные пластмассовые сосуды, имеющие сифонную трубку и отверстие в навинчивающемся на корпус колпачке (рис. 30). При сжатии стенок рукой под действием создающегося при этом в сосуде избыточного давления жидкость в виде короткой струи аэрозоля выходит в атмосферу. Как и в случае пульверизаторов, использование эластичных сосудов требует затраты мышечной энергии. Производительность их мала.

Перечисленных недостатков лишены аэрозольные баллоны, которые широко используются для получения аэрозолей парфюмерно-косметических средств. Их популярность продолжает расти, что обусловлено удобствами и экономической целесообразностью их применения.

Среди парфюмерно-косметических средств, применяемых в виде аэрозолей, на первом месте находятся средства ухода за волосами. Сохранить красивую прическу в течение длительного времени помогают аэрозольные баллоны с лаками для волос. Они являются самым распространенным видом продукта в аэрозольной упаковке. В состав этих аэрозольных баллонов входят пленкообразующие вещества, пластификаторы, растворители, ароматические вещества, пропеллент и некоторые добавки.

Главным свойством лака для волос является образование прозрачной пленки, фиксирующей прическу и придающей волосам блеск. При этом лак должен удаляться либо во время расчесывания волос, либо путем вымыва-

ния теплой водой с мылом. В качестве пленкообразующих веществ в этих средствах используют большое количество различных природных и синтетических смол. Композиции содержат гигроскопичные и хорошо растворимые в воде смолы, а также не растворимые в воде и хрупкие вещества. Применяют смеси как на основе индивидуальных смол, так и их сополимеров. Наиболее популярным растворителем для названных веществ является этиловый спирт.

В выпускаемых в нашей стране аэрозольных баллонах с лаками для волос под названиями «Прелесть», «Сандра», «Блеск» в качестве пленкообразующих веществ используются различного состава сополимеры поливинилпирролидона и винилацетата. Наряду с бесцветными лаками изготавливаются оттеночные, содержащие вещества, подцвечивающие волосы.

После окончания укладки волос струю аэрозоля лака с расстояния около 30 см направляют на прическу так, чтобы равномерно покрыть всю ее поверхность. При этом необходимо следить, чтобы смесь не попала в глаза, на шею и кожу лица.

Для предупреждения выпадения волос и образования перхоти рекомендован аэрозольный баллон под названием «Сомбреро». За два часа до мытья головы препарат наносят на волосы и в течение трех — пяти минут втирают в кожу головы. Эффект достигается при четырех-шестиразовом применении.

Среди парфюмерно-косметических изделий, применяемых в виде аэрозолей, пользуются спросом масла для ускорения загара. Их применение поможет избежать солнечных ожогов и вместе с тем красиво, ровно загореть, не злоупотребляя пребыванием на солнце. Выпускаемые аэрозольные баллоны «Юрмала» и «Аида» содержат витаминизированные и ароматизированные смеси растительных масел, смягчающие кожу и предохраняющие ее от обветривания. Аэрозольные баллоны «Юрмала» содержат состав ускоренного действия. Он помогает загореть тем, кому противопоказано длительное пребывание на солнце, например страдающим гипертонией и некоторыми сердечно-сосудистыми заболеваниями. Аэрозольные упаковки «Аида» предназначены для пловцов, яхтсменов, гребцов — для тех, чья кожа подвергается длительному воздействию солнца, соленой воды и ветра.

В виде аэрозолей широко применяют духи и одеколоны. Существенная экономия дорогостоящих эфирных масел, возможность равномерного нанесения душистых веществ в любых условиях привели к тому, что аэрозольные баллоны, содержащие одеколоны и духи, получили повсеместное распространение. Баллоны с дорогими духами, как правило, снабжаются дозирующими клапанами, которые при нажатии на головку выпускают строго определенное количество содержимого. Благодаря им расход духов уменьшается в несколько раз, и эта экономия окупает затраты на сам баллон. Из аэрозольного баллона духи не прольются и не выдохнутся — его клапан надежно закрывает выходное отверстие при любом положении.

В состав содержимого аэрозольных баллонов входят душистые вещества и этиловый спирт в качестве растворителя. При подборе компонентов главное внимание уделяется сохранению запаха при диспергировании и стабильности композиции при хранении.

Наряду с названными парфюмерно-косметическими изделиями, в аэрозольных баллонах выпускают пеношампуни для мытья головы, различные кремы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы рассмотрели применение в виде аэрозолей различных препаратов в домашних условиях. Во всех случаях подчеркивались удобства и экономическая целесообразность использования веществ, переведенных в состояние аэрозолей. Главное преимущество применения веществ в такой форме состоит в том, что в раздробленном виде увеличивается удельная поверхность препаратов. Это, в свою очередь, приводит к повышению активности химикатов в расчете на единицу их массы. С другой стороны, при использовании веществ в виде аэрозолей создаются условия для равномерного, тонкослойного нанесения препаратов на поверхности, что существенно повышает качество их обработки. Однако наряду со стремлением добиться наибольшей эффективности не меньшая забота должна быть проявлена в отношении безвредности препаратов для человека во время их использования и при последующем пребывании в помещении после его обработки.

Во-первых, как мы не раз отмечали, при переводе в состояние аэрозолей повышается активность веществ, но одновременно увеличивается и токсичность вредных для человека соединений. Во-вторых, аэрозоли могут оказаться в зоне дыхания человека, в результате чего возникает возможность попадания веществ в дыхательную систему.

Все препараты бытовой химии, поступающие в продажу, имеют на это разрешение соответствующих организаций. Опасность при их применении может возникнуть лишь при превышении рекомендуемых доз и вследствие применения препарата не по назначению. Так, если на аэрозольном баллоне написано, что он предназначен для борьбы с летающими насекомыми, его нельзя использовать для уничтожения клопов и тараканов.

Достижения в области синтеза новых химических веществ и рост их промышленного производства во многом

способствуют повышению культуры нашего быта, облегчают уход за жилищем. Но при этом возникает важное обстоятельство: чем активнее мы используем химические вещества в домашних условиях, чем мы богаче препаратами, тем осторожнее нужно их применять.

Как отмечалось выше, при использовании аэрозольных баллонов следует учитывать возможное неблагоприятное воздействие хладонов на озоносферу Земли и ограничивать их применение теми областями, где это действительно необходимо. Широкое использование в быту веществ в диспергированном виде подразумевает применение наряду с аэрозольными упаковками различных генераторов аэрозолей, в том числе гидравлических и пневматических распылителей.

ЛИТЕРАТУРА

- Амелин А. Г. Туманы служат человеку. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
- Влодавец В. В. Основы аэробиологии. М.: Медицина, 1972.
- Дунский В. Ф., Никитин Н. В., Соколов М. С. Монодисперсные аэрозоли. М.: Наука, 1975.
- Петрянов И. В., Козлов В. И., Басманов П. И., Огородников Б. И. Волокнистые фильтрующие материалы ФП. М.: Знание, 1968.
- Фукс Н. А. Механика аэрозолей. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
- Цетлин В. М. Аэрозольные баллоны. Л.: Химия, 1970.
- Цетлин В. М., Вилькович В. А. Физико-химические факторы дезинфекции. М.: Медицина, 1969.
- Эйдельштейн С. И. Основы аэрозольтерапии. М.: Медицина, 1967.
- Ярных В. С. Аэрозоли в ветеринарии. М.: Колос, 1972.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Аэрозоли и их свойства	3
Получение аэрозолей	35
Аппараты для получения аэрозолей	48
Применение аэрозолей в быту	88
Заключение	133
Литература	135

Виталий Матвеевич Цетлин

Аэрозоли в быту

Утверждено к печати редколлегией серии
научно-популярных изданий Академии наук СССР

Редактор **Е. П. Никулина**. Редактор издательства **Н. Б. Прокофьева**

Художник **З. М. Козина**. Художественный редактор **И. В. Разина**

Технический редактор **Н. Н. Плохова**

Корректоры **М. М. Баранова**, **Г. Г. Петропавловская**

ИБ № 7405

Сдано в набор 29.06.78. Подписано к печати 25.10.78 Т-15060
Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 3. Гарнитура обыкновенная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 7,14. Уч. изд. л. 7,1. Тираж 50 000 экз.
Тип. зак. 689. Цена 20 коп.

Издательство «Наука». 117485, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 94а
2-я тип. издательства «Наука». 12109, Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



ИЗДАТЕЛЬСТВО

«НАУКА»

ВЫХОДИТ

ИЗ ПЕЧАТИ:

АМЕЛИН А. Г., ЯШКЕ Е. В.,
КАЛГАНОВ В. А.

Аэрозоли служат человеку.

В книге с физико-химических позиций рассмотрены применяемые в быту вещества. Показано преимущество применения препаратов в дисперсном состоянии и, прежде всего, в виде аэрозолей. Рассмотрены методы получения аэрозолей и дано описание соответствующих устройств, используемых в бытовых условиях.

Рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по адресу:
МОСКВА В-164, Мичуринский проспект,
12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»;
ЛЕНИНГРАД, П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой»

Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига».

Адреса магазинов «Академкнига»:

470391 **Алма-Ата**, ул. Фурманова, 91/97;
370005 **Баку**, ул. Джапаридзе, 13;
320005 **Днепропетровск**, проспект Гагарина, 24; 734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95; 375009 **Ереван**, ул. Туманяна, 31, 664033 **Иркутск**, 33, ул. Лермонтова, 303; 252030 **Киев**, ул. Ленина, 42; 277012 **Кишинев**, ул. Пушкина, 31; 443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2; 192104 **Ленинград Д-120**, Литейный проспект, 57; 199164 **Ленинград**, Менделеевская линия, 1; 199004 **Ленинград**, 9 линия, 16; 103009 **Москва**, ул. Горького, 8; 117312 **Москва**, ул. Вавилова, 55/7; 630076 **Новосибирск**, Красный проспект, 51; 630090 **Новосибирск**, Академгородок, Морской проспект, 22; 700029 **Ташкент**, Л-29, ул. Ленина, 73; 700100 **Ташкент**, ул. Шота Руставели, 43; 634050 **Томск**, наб. реки Ушайки, 18; 450075 **Уфа**, Коммунистическая ул., 49; 450075 **Уфа**, проспект Октября, 129; 720001 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42; 310003 **Харьков**, Уфимский пер., 4/6.