

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТРОПОСФЕРЕ

Температурные инверсии. Смог в атмосфере
городов. Аэрозоли.

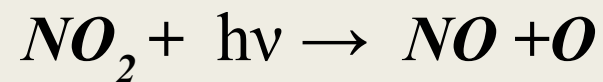
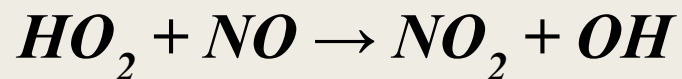
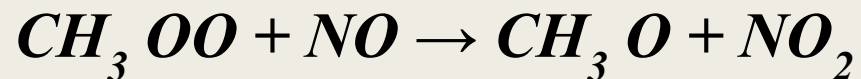
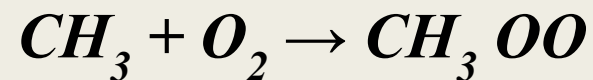
Вопросы самостоятельной работы

1. Какие природные источники соединений азота в атмосфере Вы знаете?
2. Полезны ли для детей прогулки в сосновом лесу после грозы? Почему?
3. В помещение кухни (площадь 15 м² и высота стен 3 м) поступило 5 литров газа, содержащего 90% СН₄. Какой максимальной концентрации может достигнуть содержание формальдегида в этом помещении, при условии, что формальдегид далее не окислялся? Будет ли превышена максимально разовая концентрация формальдегида ПДК_{м.р.} равная 0,05 мг/куб. м.

Вопрос № 3

Решение

Формальдегид образуется в следующих превращениях:



Найдем объемную долю метана в помещении:

$$a = v/V = 5 * 0,9 / 15 * 3 * 1000 = 1 * 10^{-4}$$

$$C(\text{ppm}) = 1 * 10^{-4} * 10^6 = 100$$

Количество метана равно количеству образовавшегося формальдегида.

Переведем ppm в мг/м³: C

$$(CH_2O) = C_{\text{ppm}} * M / 22,4 = 100 * 30 / 22,4 = 133,9 \text{ мг/м}^3$$

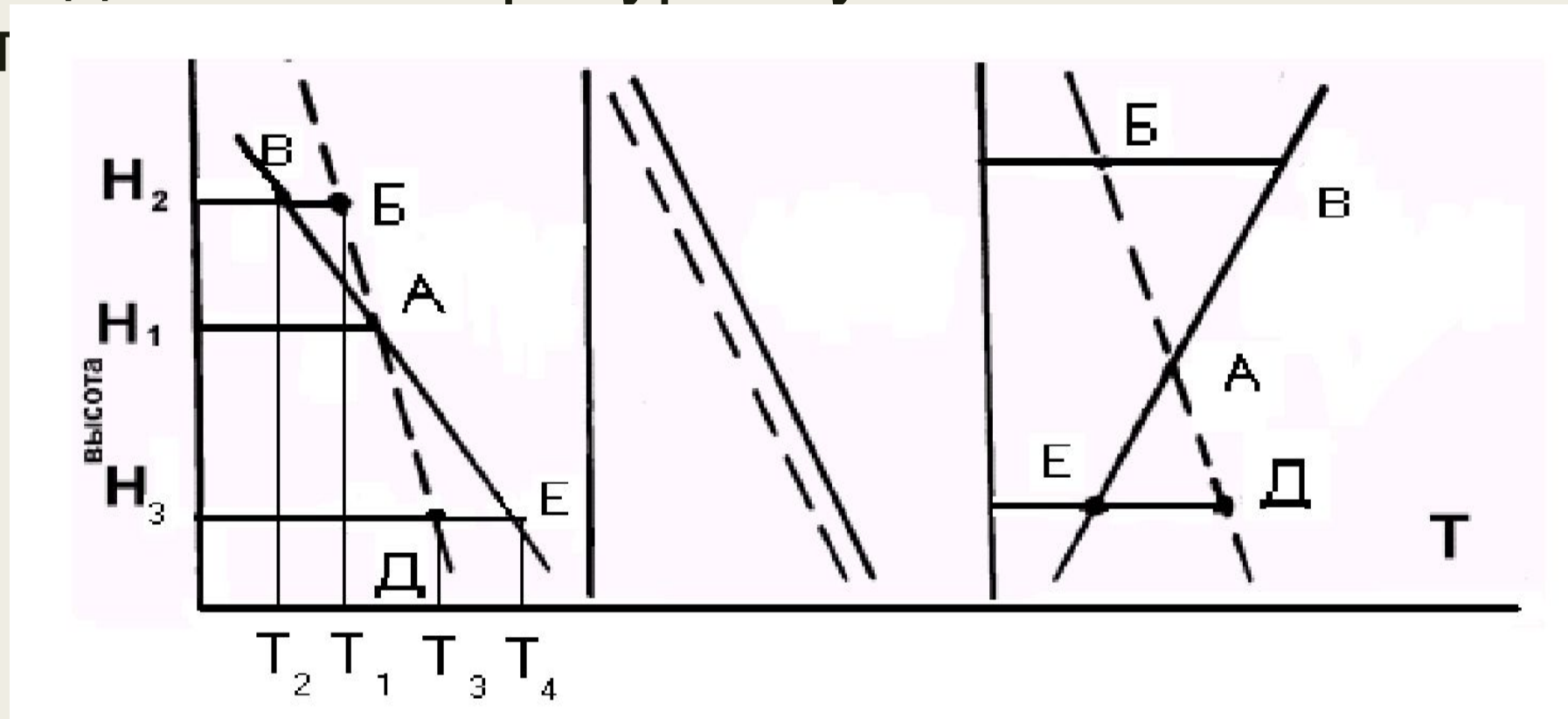
Максимальная концентрация формальдегида может составить 133,9 мг/м³.

**ПДК_{м.р.} = 0,05 мг/м³, то концентрация
превышена в 133,9/0,05=2678 раз**

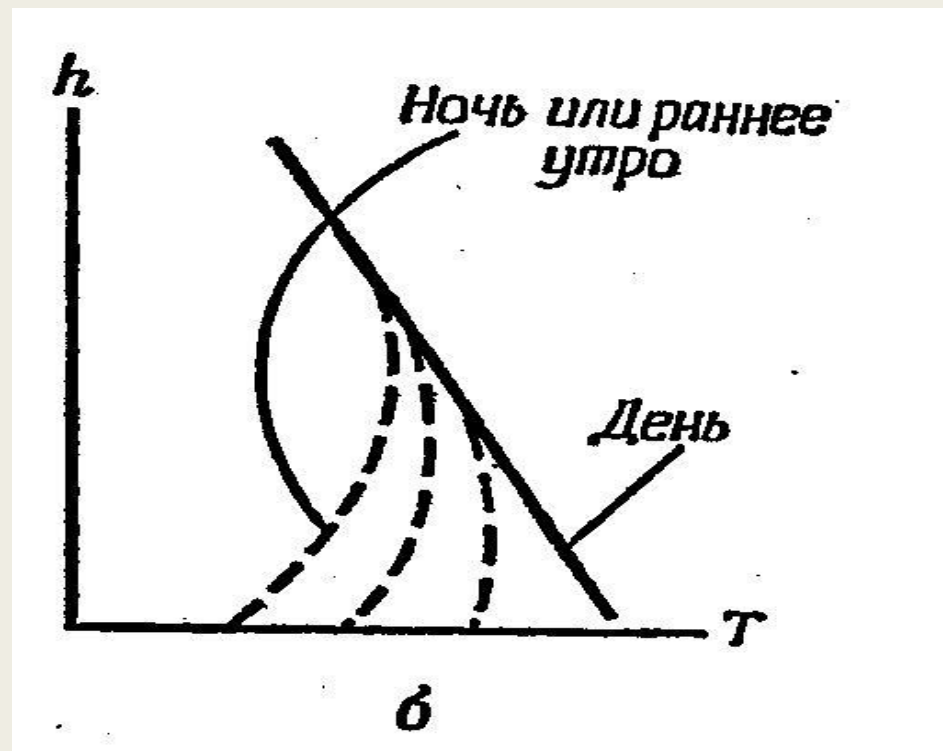
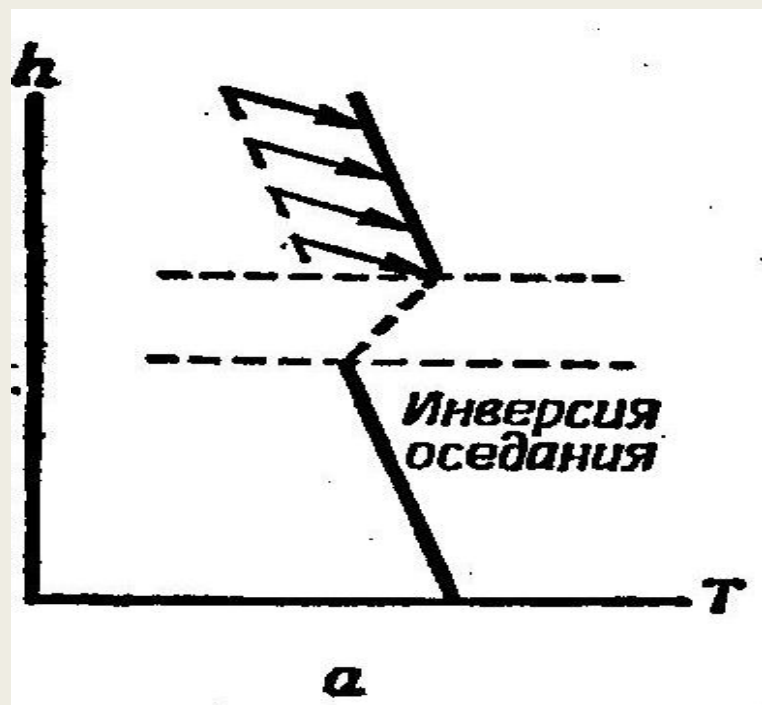
Ответ: ПДК_{м.р.} будет превышена в 2678 раза.

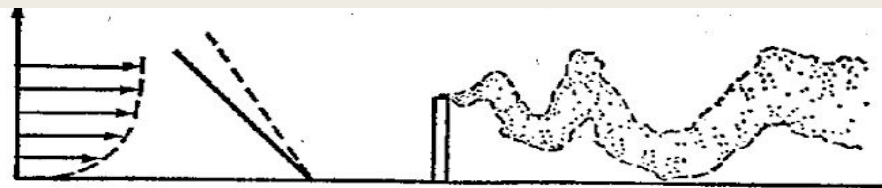
Градиент температуры и устойчивость

.

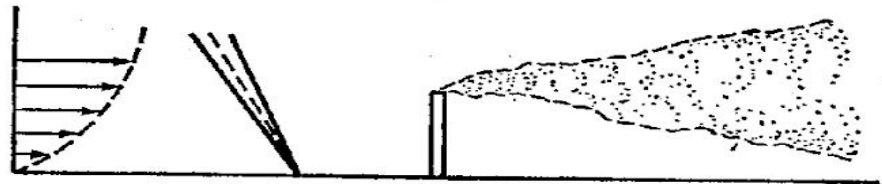


——— градиент температуры в окружающем воздухе;
----- адиабатический вертикальный градиент температуры

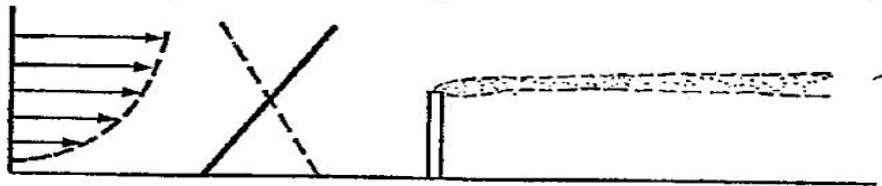




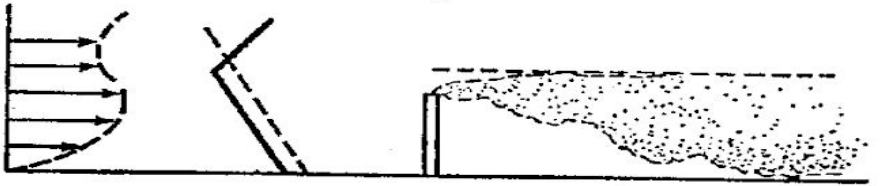
a



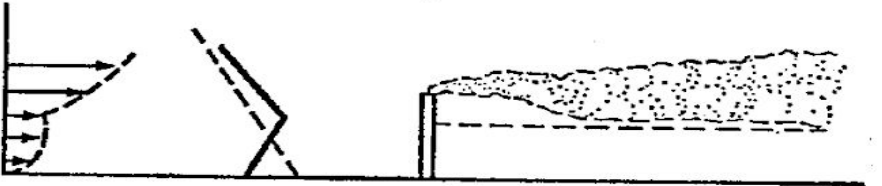
b



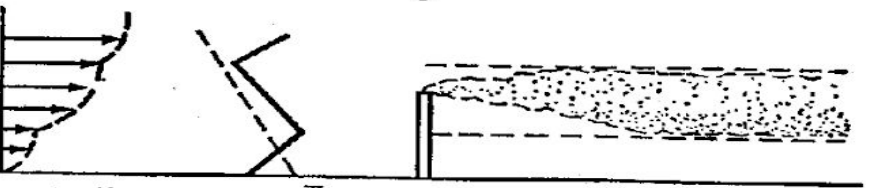
B



z



d



e

x

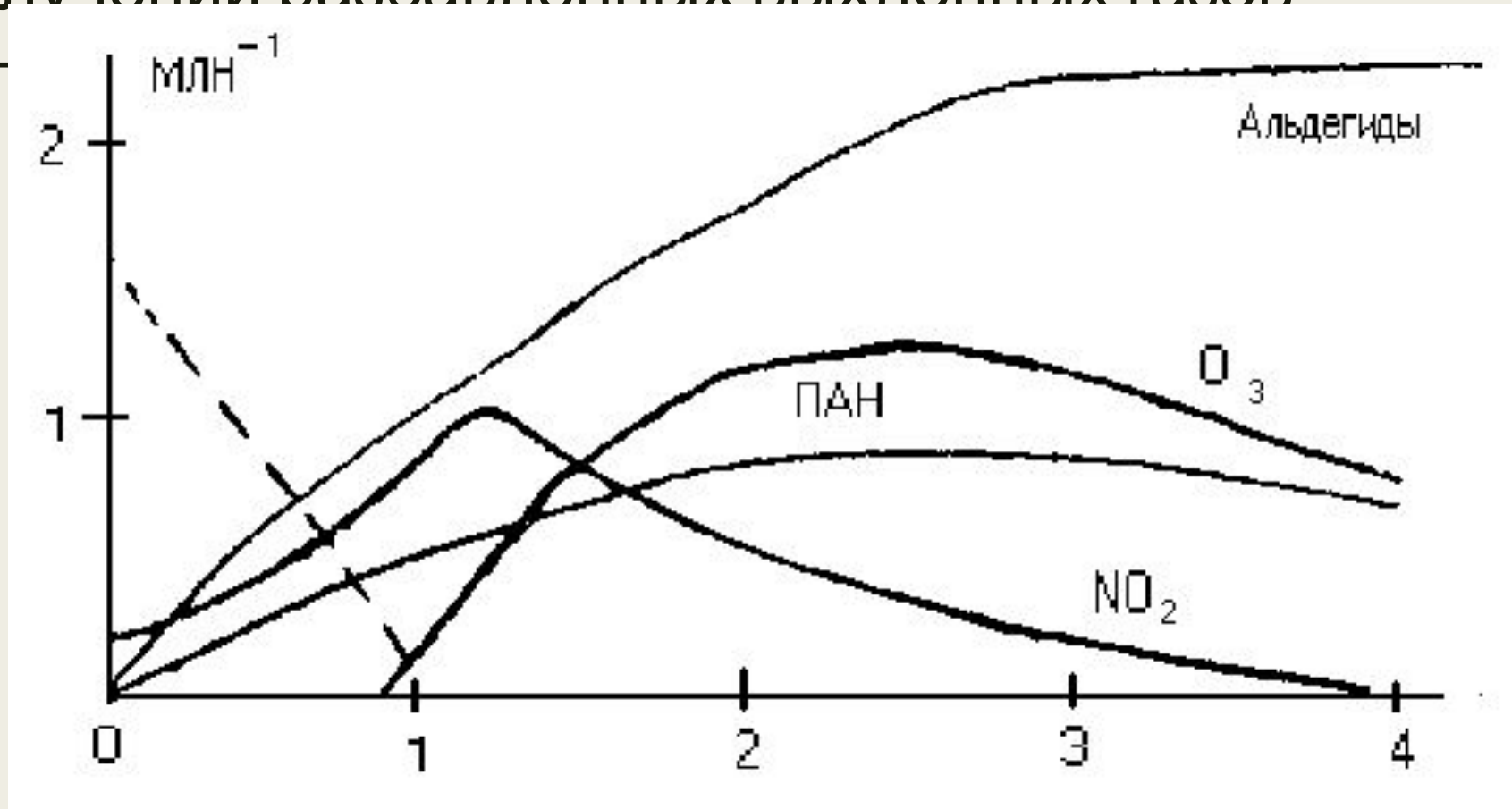
Смог в городской атмосфере

Понятие "смог"* впервые было употреблено около 100 лет назад применительно к смеси дыма и тумана, обычно имевшей жёлтый цвет и образывавшейся над Лондоном в периоды температурных инверсий

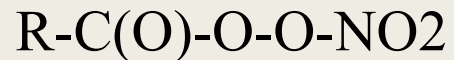
Позже *(smog → smoke + fog (англ.), дым + туман) его стали применять для характеристики задымленных или туманных условий, наблюдаемых в атмосфере и других регионов. В настоящее время различают два основных вида смога: смог, связанный с загрязнением атмосферы копотью или дымом, содержащим диоксид серы (лондонский смог), и смог, вызванный загрязнением воздуха выхлопными газами транспорта, содержащими оксиды азота (смог Лос-Анджелеса).

Изменение концентрации примесей во времени при облучении разбавленных выхлопных газов

авт



С присутствием органических соединений в воздухе городов связаны и процессы образования высокотоксичных пероксидных соединений:



Наиболее распространенным пероксидным соединением, синтезирующимся в атмосфере, является пероксиацетилнитрат - первый член гомологического ряда, часто сокращенно называемый ПАН,
 $CH_3-C(O)-O-O-NO_2$.

В случае присутствия в воздухе ароматических углеводородов возможно образование ароматических производных.

Так, например, пероксибензоилнитрат, являющийся сильным слезоточивым газом, был идентифицирован в атмосфере Лос-Анджелеса наряду с пероксиацетилнитратом и его гомологами.

Аэрозоли в атмосфере

Аэрозолями называют дисперсные системы, содержащие твердые или жидкие частицы, суспендированные в газовой фазе.

Превращения примесей сопровождаются постоянным взаимодействием между газовой, жидкой и твердой фазами, присутствующими в тропосфере.

Твердая фаза представляет собой продукты конверсии примесей, либо частицы золы и минеральной пыли.

Жидкая фаза состоит из воды, продуктов превращения примесей и растворимых компонентов.

Химические реакции, протекающие в этих сложных системах, часто называют гетерогенными химическими реакциями.

Поступление частиц из различных источников в атмосферу (10⁶ т/год)

Вид частиц	Природные источники	Смешанные источники	Антропогенные источники
Прямые эмиссии частиц антропогенного происхождения	-	-	10-90
Частицы, образующиеся из углеводородов (антропог.)	-	-	15-90
Лесные пожары и подсечно-огневое земледелие	-	3-150	-
Вулканы	25-150	-	-
Углеводороды из растений	75-200	-	-
Сульфаты из SO ₂	-	-	130-200
Морская соль	300	-	-
Аммонийные соли	-	80-270	-
Нитраты из NO _x	30-35	-	-
Дезинтеграция почвы и скальных пород	-	100-500	-

Критерии устойчивости аэрозольных частиц

Для существования устойчивого аэрозоля (аэродисперсной системы) необходимы следующие условия:

- 1) скорость седиментации частиц мала;
- 2) силами инерции при перемещении частиц можно пренебречь (отношение сил инерции к силам вязкости мало);
- 3) броуновское движение частиц весьма эффективно;
- 4) система характеризуется высокой удельной поверхностью.

$$W = 2/9 \times R^2 \rho \times g/\mu$$

где r и ρr – радиус и плотность частицы (в сферическом приближении);

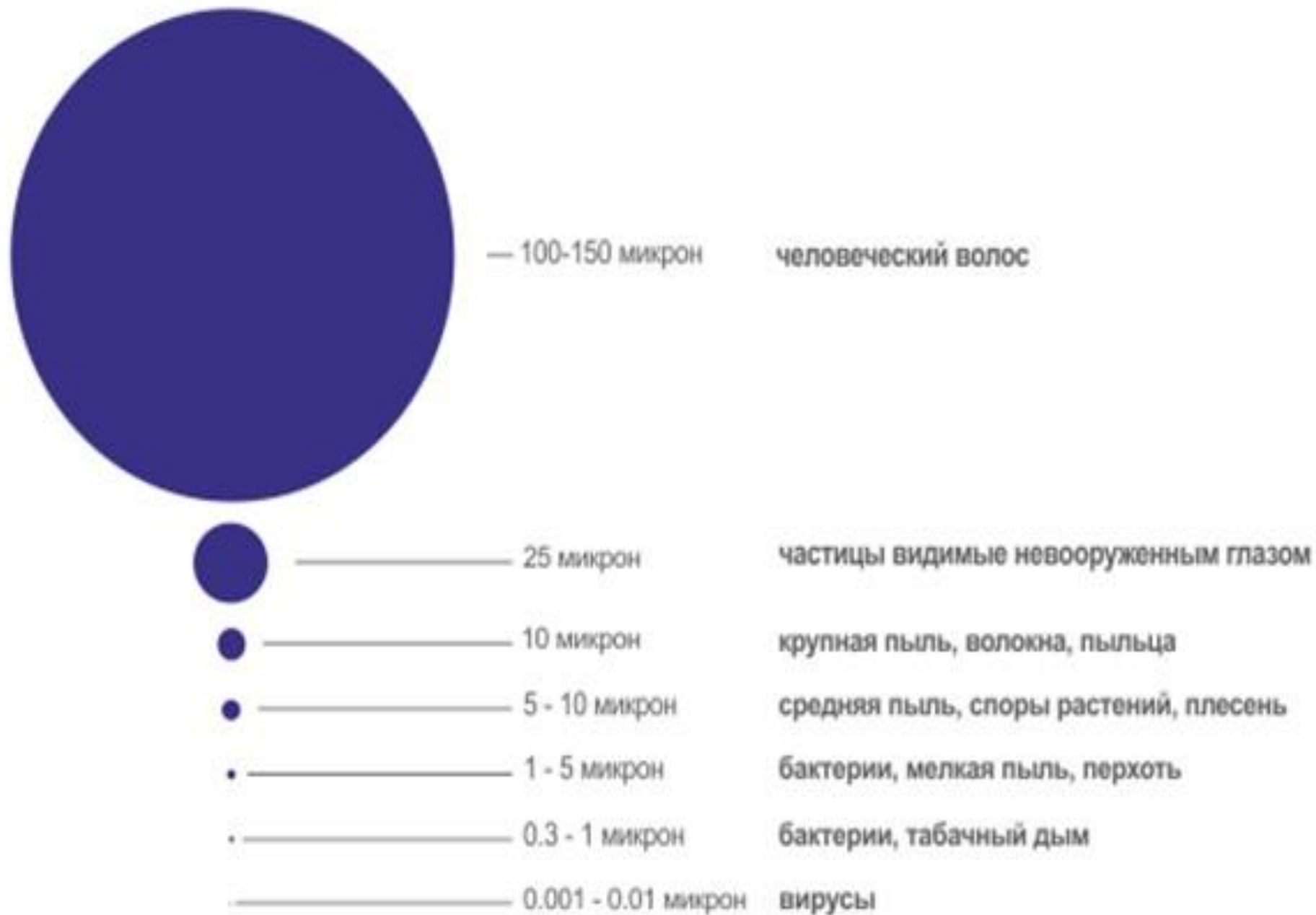
μ - динамическая вязкость газа ($1,81 \cdot 10^{-4}$ Па·с, 298 К);

g - ускорение свободного падения.

В атмосфере W_s зависит от высоты над уровнем моря. Более того, в тропосфере восходящие потоки еще больше затрудняют интерпретацию понятия W_s .

Если в качестве верхнего предела W_s принять значение $0,1 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, при $\rho r = 1 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$. Данная величина W_s определяет скорость падения частицы радиуса 30 мкм.

По типу происхождения и по размерам аэрозоли обычно подразделяют на две большие группы: микро- и макрочастицы. Микрочастицы радиуса меньше 0,5 -1,0 мкм образуются в процессах коагуляции и конденсации, тогда как макрочастицы возникают в основном при дезинтеграции поверхности Земли.



По типу происхождения и по размерам аэрозоли обычно подразделяют на две большие группы: микро- и макрочастицы.

Микрочастицы радиуса меньше 0,5 -1,0 мкм образуются в процессах коагуляции и конденсации, тогда как макрочастицы возникают в основном при дезинтеграции поверхности Земли.

Крупные частицы — больше чем

100 микрон

- Быстро падают из воздуха (оседают на пол и горизонтальные поверхности)

включают волосы, снег, грязь от насекомых, комнатную пыль, скопление сажи, крупный песок

Могут попасть в нос и рот в процессе дыхания. Эффективно задерживаются в дыхательных путях и бронхах, не проникая в легкие. Опасны в очень больших концентрациях, увеличивают нагрузку на дыхательные пути, могут вызывать рак, аллергические реакции.

Задерживаются обычными фильтрами грубой очистки.

Средний размер частиц — в

пределах до 10 микрон

Относятся к PM_{10} по принятой классификации размеров частиц.

Медленно падают из воздуха (оседают на пол и горизонтальные поверхности)

Это - цветочная пыльца, большие бактерии, частицы золы в воздухе, угольную пыль, мелкий песок, и мелкая пыль

Частицы, которые через дыхательные пути попадают в легкие, но не попадают в зону газообмена и не всасываются в кровь.

Зашлаковывают легкие, могут вызывать рак, астму, аллергические реакции.

Задерживаются фильтрами тонкой очистки.

Мелкие частицы — менее 1 микрона

Относятся к PM_1 по принятой классификации размеров частиц.

Очень медленно падают из воздуха (оседают на пол и горизонтальные поверхности).

В спокойной атмосфере процесс оседания может занять от дней до нескольких лет.

В возмущенной атмосфере они могут никогда не осесть.

Включает вирусы, мелкие бактерии, металлургическую копоть, сажу, пары масла, табачный дым, копоть.

Эти частицы проникают в зону легких, отвечающую за газообмен.

Через альвеолы могут всасываться в кровь, вызывая зашлаковывание сердечно-сосудистой системы, аллергические реакции, интоксикацию адсорбированными на поверхности частиц химическими соединениями.

Задерживаются фильтрами высокой эффективности.

Классификация частиц по размерам

Ядра Айткена	менее 0,1 мкм
Большие частицы	от 0,1 до 1 мкм
Гигантские частицы	более 1 мкм

Способы выражения концентрации аэрозолей в воздухе

Для выражения содержания аэрозолей в воздухе принято использовать весовые концентрации мг/м^3 , г/м^3 или количество частиц в единице объема см^{-3} , м^{-3} . При оценке количества аэрозолей весьма полезной является и величина поверхности, которую могли бы занять частицы, если бы их удалось расположить на поверхности в виде монослоя.

Пример 1.

Сколько частиц пыли присутствует в каждом кубическом метре воздуха при концентрации, равной $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 6 \text{ мг/м}^3$? Принять плотность пыли $\rho = 4 \text{ г/см}^3$, диаметр частиц $d = 0,5 \text{ мкм}$, все частицы сферической формы.

Решение.

По условию задачи в каждом кубическом метре воздуха содержится 6 мг пыли, состоящей из одинаковых сферических частиц. Поэтому для решения задачи достаточно разделить общую массу пыли на массу одной частицы.

Массу одной частицы можно найти, зная диаметр частицы и плотность пыли:

$$m_{\text{ч}} = V * \rho$$

где V - объем одной частицы, ρ - плотность пыли.

Для частиц сферической формы:

$$V = \pi * d^3 / 6;$$

$$m_{\text{ч}} = 3,14 * (0,5 * 10^{-6})^3 * 4 / 6 = 0,26 * 10^{-12} \text{ (г)} = 0,26 * 10^{-9} \text{ (мг)}.$$

Количество частиц в кубическом метре воздуха составит:

$$n_{\text{ч}} = C / m_{\text{ч}}$$

где C - концентрация частиц в мг/м³;

$$n_{\text{ч}} = 6 / 0,26 * 10^{-9} = 23 * 10^9 \text{ частиц/ м}^3$$

Ответ: В кубическом метре воздуха будет содержаться $23 * 10^9$ частиц.

Пример 2.

В контейнер, площадь стенок в котором равна 2 м^2 , поместили пробу загрязненного воздуха объемом $0,5 \text{ л}$. Концентрация однородных аэрозольных частиц сферической формы в воздухе пробы составляла 10^6 см^{-3} .

Какую часть поверхности контейнера могли покрыть частицы, если их средний диаметр составляет $0,05 \text{ мкм}$.

Решение.

Площадь, занимаемая одной частицей сферической формы на поверхности, или ее проекция, равна площади сечения, проходящего через центр сферы:

$$S_1 = \pi d^2 / 4$$

где d - диаметр частицы, $d = 0,05 * 10^{-6}$ м.

$$S_1 = 1,96 * 10^{-9} \text{ м}^2$$

Площадь, занимаемая всеми частицами, могла составить:

$$S = S_1 * N * V$$

где N - концентрация частиц в каждом кубическом сантиметре пробы воздуха (см^{-3}); V - объем пробы воздуха (см^3).

$$S = 1,96 * 10^{-9} * 10^6 * 0,5 * 10^3 = 0,98 \text{ м}^2$$

Доля от площади стенок контейнера, занимаемая частицами, могла составить:

$$\alpha = 0,98 / 2 = 0,49$$

Ответ: Доля от площади стенок контейнера, занимаемая частицами, могла составить: $\alpha = 0,49$.

Концентрация аэрозолей (см⁻³)

Антарктида	100 -1000
Природные территории	1000 – 10000
Городской воздух	10 млн.

	Ядра Айткена	Большие	Гигантские
N (см ⁻³)	10 ⁵	100	1
N (мкг/м ³)	40	20	20

Влияние извержения вулканов на прозрачность атмосферы

Извержение	Последствия
Маунт-Спур, 9 июля 1953 г. Аляска	Конец 1953 г. Англия. Наблюдение мощных слоёв пыли в стратосфере
Вулкан Агунг, о. Бали, Индонезия, март, 1963 г.	В Австралии через несколько месяцев наблюдалось уменьшение солнечной радиации на 24%, через год—на 16%.
Вулкан Катмай, 6 июня 1912 г., Аляска	г. Павловск – уменьшение солнечной радиации в течение года на 35%, причём на 10-й день после извержения наблюдалось уменьшение радиации на 10-20%; на 20-й на 60–70%.

Пример 3.

Сравните скорость оседания аэрозолей с размерами частиц $r = 0,1$ и $2,5$ мкм, если их плотность составляет 2 г/см³. Динамическую вязкость воздуха принять равной - $1,81 \cdot 10^{-4}$ Па·с. За какое минимальное время, без учета мешающих оседанию факторов, эти частицы могут быть полностью выведены из атмосферы с высоты $1,5$ км?