

ТЕМА 9. Охрана атмосферного воздуха

3.1.Строение атмосферы (вертикальная стратификация)

Атмосфера — внешняя оболочка нашей планеты, простирающаяся от земной поверхности до высоты 1300 км.

Атмосфера состоит из газообразных компонентов: азот, кислород, водяной пар (нижняя область тропосферы), диоксид углерода, аргон, гелий, водород и некоторые другие газы в очень малых объемных и массовых долях (Ne, Kr, Ks). В данном случае речь идет о составе атмосферы без учета естественных и техногенных загрязнений.

Общая масса атмосферы определена и составляет $5,15 \cdot 10^{12}$ кг.

Наиболее значимые компоненты в составе атмосферного воздуха по массовому и объемному составу приводим в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Состав атмосферного воздуха

Наименование компонента	Химическая формула молекул	Процентное содержание по объему	Процентное содержание по массе	Масса киломоля $\frac{кг}{кмоль}$
Кислород	O ₂	20,95	23,24	32
Азот	N ₂	78,0	75,53	28
Аргон	Ar	0,93	1,28	40
Диоксид углерода	CO ₂	0,03	0,046	44
Водород	H ₂	Менее 10 ⁻³	Менее 10 ⁻⁵	2

В очень малых долях (менее 10⁻³%) в воздухе содержатся: гелий, неон, криптон, ксенон. За последние годы наблюдается необратимый процесс повышения содержания в воздухе CO₂ (+0,4% в год) и сокращение доли кислорода (-0,02% за последние 10 лет). Такая тенденция вызывает тревогу у ученых: нарушение баланса в круговороте веществ — тревожный симптом. Отклонение содержания компонентов воздуха от нормы является результатом ингредиентного загрязнения окружающей среды.

Градиент температуры в тропосфере пока постоянен и равен 0,6 K/100 м (отрицательный).

Атмосфера от поверхности земли в вертикальном направлении не однородна и делится на пять сфер: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера и экзосфера. Приводим основные характеристики этих сфер в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Атмосфера земли

№	Наименование	Нижняя граница	Верхняя граница	Среднее gradient t К/100М	Сред. T ₁ на нижней границе	Средн. T ₂ на верхней границе	Примечания
---	--------------	----------------	-----------------	---------------------------	--	--	------------

		ца km	ница km				
1	тропосфера	0,0	22	- 0.6	+15	-45 -60	80% массы
2	стратосфера	22	55	+ 0.15	-45 -60	-3	≈20% массы
3	мезосфера	55	80	- 0.36	-3	-90	Разрежен. среда
4	термосфера	80	800	+ 0.11	-90	+700	-//-
5	экзосфера	800	1300	- 0.2	+700	-263	-//-

3.2 Загрязнение атмосферы

Загрязнение атмосферы заключается в привнесении в нее не характерных веществ: химических, физических, биологических. Первичное (естественное) загрязнение обусловлено притоком загрязняющих объектов из космоса, из недр земли, продуктов эрозии почвы и др. Вторичное загрязнение (искусственное): пыль антропогенного происхождения, дым, аэрозоли, выбросы транспорта, промышленных и энергетических предприятий, тепловое загрязнение от высокотемпературных объектов.

Загрязнение атмосферы ведет к деградации естественных экосистем, снижению продуктивности полей, ферм, лесных массивов.

Наиболее чистый атмосферный воздух располагается над мировым океаном; над сельской местностью он в 10 раз загрязнен более, над городами в 35 раз, а над мегаполисами в 150 раз и более.

В мировом балансе загрязнения атмосферы 54% приходится на автотранспорт, причем 40% общих загрязнений приходится на США. В мире в настоящее время насчитывается более 500 млн. автомобилей, из которых до 200 млн. эксплуатируется в США. На окисление автомобильного топлива в США расходуется за 0,5 года весь кислород, продуцируемый на этой территории за год.

В среднем каждый автомобиль в год потребляет 4 тонны кислорода, выбрасывая в атмосферу 40 кг окиси азота, 800 кг углекислого газа, 200 кг углекислоты. Одна работающая малолитражка за 1 час выбрасывает в атмосферу 3 нм^3 монооксида углерода.

Наиболее опасными среди загрязняющих химических веществ в атмосфере считаются (по ПДК): свинец и его соединения, бенз- α -пирен, O_3 , NO_x , C_nH_m , SO_x , CO , аэрозоли, сложные химические соединения: альдегиды, соединения кадмия, алканы, этиловые соединения, кетоны, и др.

Наибольшая концентрация загрязняющих веществ наблюдается в атмосфере вблизи светофоров, в туннелях, на оживленных магистралях

городов, где ПДК по СО превышаются в 40-50 раз и более ($\text{ПДК}_{\text{CO}} = 3 \text{ мг/м}^3$).

Наиболее опасным токсикантом, поступающим в атмосферу от объектов автотранспорта, является бенз- α -пирен, относящийся к I классу опасности ($\text{ПДК}_{\alpha} = 0,1 \text{ мкг/100 м}^3$).

Источники загрязнения окружающей среды (в основном атмосферы) по государствам характеризуются данными таблицы 3.3.

Таблица 3.3 Структура загрязнений атмосферы в процентах по видам источников в государствах

№ п/п	Наименование источников загрязнения	Государства					Примечания
		США	Россия	Франция	Мексика	Верхн. Вольта	
1	Промышленность	17	50	25	30	60	Хар-ка совершенства технологий в промышл.
2	Энергетика	23	29	50	15	≈12	
3	Транспорт	60	14	25	50	28	
4	Прочие источники	Менее 1%	7	Менее 1%	5	Около 1%	(транспорт – все виды)

По данным табл. 3.3. можно судить об уровне промышленных предприятий (их экологичности), плотности транспортных средств по государствам, экологичности энергетических систем.

3.3 Способы защиты атмосферы от загрязнений

Необходимость постоянной заботы о защите атмосферы от всех видов загрязнений обусловлена заботой о поддержании нормальных условий функционирования локальных экосистем и биосферы в целом. Не следует забывать, что человеческая цивилизация является частью глобальной экосистемы нашей планеты, поэтому экологические проблемы в совокупности создают реальную угрозу для ее дальнейшего существования. Здесь следует напомнить и о том, что атмосфера является транзитной средой для загрязняющих веществ, которые из атмосферы попадают в литосферу и гидросферу.

Отсюда следует, что заботясь о защите атмосферного воздуха, общество заботится о поддержании в нормальном состоянии среды обитания в целом. Такая задача по силам только мировому сообществу,

поскольку «экологическое счастье» в отдельно взятой стране недостижимо.

Трансграничные переносы вредных компонентов атмосферы обуславливают необходимость постоянного внимания мировой общественности (в т. ч. экологических международных организаций), к проблемам защиты атмосферного воздуха, исключению необратимых изменений в его составе.

Способы защиты атмосферы от загрязнений можно разделить на 4 вида:

1. Технологические.
2. Архитектурно-планировочные.
3. Санитарно-технические.
4. Инженерно-организационные.

Дадим краткую характеристику каждому виду.

– Технологические способы охраны атмосферного воздуха включают в себя: – контроль на входе, т.е. извлечение из энергоносителей и промышленного сырья вредных химических компонентов, которые в процессе переработки выделяют в окружающую воздушную среду токсичные химические соединения (напр. SO_x).

– Безотходные и малоотходные технологии, когда в процессе глубокой переработки сырья, вся его масса используется полностью переходя в конечную продукцию (напр. нефтехимическая промышленность Японии).

– Замкнутые циклы промышленного водоснабжения без сбросов.

– Изменение структуры топливного баланса в направлении перехода на более экологичные виды топлива (природный газ, электроэнергия АЭС и др.), совершенствование способов сжигания (сокращение недожога).

Архитектурно-планировочные мероприятия по защите воздушной среды от загрязнения включает в себя:

– Зонирование территорий городов и поселков с выделением защитных зон, характеристики которых связаны со спецификой промышленных объектов; защитные зоны установлены в зависимости от степени опасности загрязнителей: I класса – 1000 м, II класс – 500 м, III класс – 300 м, IV класс – 50 м.

– Озеленение и обводнение селитебных зон с использованием растений, обеспечивающих фильтрацию воздуха и пополнение его состава кислородом; наличие открытой водной поверхности в селитебных зонах обеспечивает увлажнение воздушной среды и частичное извлечение пыли и сажи из нее.

– Планировка селитебных зон должна обеспечивать возможность интенсивного проветривания территорий городов, минимизации застойных зон; при планировочных работах необходимо учитывать местные особенности рельефа, розу ветров, расположение транспортных коммуникаций и др. В перспективе – транспортные коммуникации должны быть под землей.

Санитарно-технические меры охраны атмосферы включают в себя:

– Фильтрацию выбросов промышленных и энергетических предприятий (контроль на выходе) с использованием современных фильтрующих устройств, обеспечивающих высокую степень очистки (до 99%); озеленение и защитные меры санитарного характера (ливневая канализация).

– Нейтрализацию отработавших газов двигателей автомобилей и др. транспортных средств (дожигание, каталитическая нейтрализация токсинов).

– Герметизацию топливопроводов, пневмотранспортеров, емкостей для хранения пылящих и испаряющихся веществ.

Инженерно-организационные мероприятия по охране воздушной среды включают в себя:

– Все меры по регулированию движения транспортных средств (особенно в мегаполисах), регулирование парковок, объезды селитебных зон транзитными транспортными средствами; контроль технического состояния транспортных средств.

– Регулирование режимов работы предприятий во времени (графики).

– Запрещение низкосортных и этилированных топлив для использования.

Система, устанавливающая предельно допустимые концентрации вредных компонентов во всех средах, является также защитной мерой против загрязнения воздушной среды.

3.4 Некоторые последствия изменения состава атмосферы

Под влиянием техногенных воздействий состав атмосферы изменяется. Особую тревогу вызывает устойчивая тенденция к сокращению содержания кислорода в составе атмосферы. В последние 50 лет убыль кислорода, в абсолютном выражении, составила 246 млрд. т., что по объему составляет всего 0,02%. Отрицательных последствий при столь незначительном сокращении не заметно, однако наметившаяся тенденция весьма опасна. Она свидетельствует о том, что годовой расход кислорода не компенсируется продуцированием его за счет фотосинтеза в биосфере. Основная причина в том, что постоянно

растет потребление кислорода на сжигание органических топлив с целью генерирования энергии, а его продуцирование сокращается в связи с сокращением площадей, занятых тропическими лесами, деградацией естественных экосистем под влиянием антропогенных воздействий (загрязнением биосферы в целом).

В настоящее время ежегодно на земле в топках, цилиндрах, камерах сгорания энергетических установок (всех видов) сжигается более 15 млрд. тонн условного топлива органической природы, для окисления которого требуется примерно 49 млрд. тонн кислорода; очевидно, генерировать такое количество кислорода в год все автотрофы земных экосистем не в состоянии. Убыль кислорода из атмосферы в будущем грозит глобальной экологической катастрофой, которую необходимо предотвратить.

Недостаток кислорода в воздухе отрицательно влияет на жизнедеятельность всех живых организмов. В настоящее время его объемная доля в воздухе (тропосферы) составляет 21%; ее снижение до 13% вызывает резкое ухудшение здоровья человека до полной потери цветоощущения, а при 8% наступает удушье с летальным исходом; первыми умирают клетки мозга.

По токсичным отравляющим атмосферу компонентам (CO , SO_x , NO_x , H_2S и многим другим) установлены ограничения в форме ПДК (предельно допустимые концентрации, в мг/м^3).

Нормальная объемная доля CO_2 в атмосфере составляет 0,03%; ее возрастание до 2% для человека безвредно, однако при 3% наступает резкое расстройство здоровья: головная боль, учащение дыхания и др. болезненные ощущения. Ежегодное увеличение содержания CO_2 в воздухе составляет 0,4% от его общего количества, что в первую очередь отрицательное влияние оказывает на радиационный баланс, вызывая усиление парникового эффекта. Среди всех парниковообразующих компонентов атмосферы решающая роль принадлежит диоксиду углерода. Киотский протокол (международное соглашение по ограничению выбросов CO_2 в атмосферу) предусматривает квоты государствам на выброс CO_2 . Для России общая обстановка при квотировании выбросов складывается благоприятно и стимулирует развитие энергосберегающих технологий.

