

Е. А. Штокман

ОЧИСТКА ВОЗДУХА

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов
РФ по образованию в области строительства в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство»



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2007

Рецензенты: *А.И. Василенко*, доктор техн. наук, профессор (Южный Федеральный Университет); *В. Беспалов*, доктор техн. наук, профессор (зав. кафедрой «Инженерная защита окружающей среды» Ростовского Государственного строительного Университета).

Штокман Е.А. Очистка воздуха: Учеб. пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. – 312 с.

ISBN 978-5-93093-513-4

В учебном пособии изложены теоретические основы и современные методы очистки воздуха от пыли и других аэрозолей, а также от газов, паров, радиоактивных и бактериальных загрязнений.

Рассматривается эффективное оборудование для очистки воздуха, системы вакуумной пылеуборки, устранение неприятных запахов.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности 290700 «Теплогасоснабжение и вентиляция», а также для специалистов в области ТГВ и защиты окружающей среды.

ISBN 978-5-93093-513-4

© Издательство АСВ, 2007
© Штокман Е.А.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ	9
1.1. Источники загрязнений	9
1.2. Вредные вещества и их воздействие на организм человека	10
1.3. Последствия загрязнения воздушной среды	22
1.4. Мероприятия по снижению загрязнения воздушной среды	26
2. ПЫЛЬ И ЕЕ СВОЙСТВА	27
2.1. Понятия пыли и других видов аэрозолей. Классификация пыли	27
2.2. Основные свойства пыли и их определение	29
2.2.1. Отбор проб пыли из газового потока	29
2.2.2. Дисперсность пыли	30
2.2.3. Плотность частиц пыли	37
2.2.4. Удельная поверхность	37
2.2.5. Слипаемость пыли	38
2.2.6. Сыпучесть пыли	39
2.2.7. Гигроскопичность пыли	39
2.2.8. Смачиваемость пыли	40
2.2.9. Абразивность пыли	41
2.2.10. Электрические свойства пыли	41
2.2.11. Горючесть и взрываемость пыли	43
2.3. Коагуляция пыли	47
2.4. Определение содержания пыли в воздухе	50
2.4.1. Единицы измерения	50
2.4.2. Определение массового содержания пыли в воздухе	51
3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ	55
3.1. Основные закономерности движения и осаждения пыли	55
3.2. Гравитационное осаждение	56
3.3. Осаждение под действием центробежной силы	60
3.4. Инерционное осаждение	61
3.5. Осаждение частиц пыли в электрическом поле	62
3.6. Фильтрация через пористые материалы	65
3.7. Мокрая очистка	69
3.8. Термофорез	70

4. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ.	
ВОЗДУШНЫЕ ФИЛЬТРЫ	72
4.1. Классификация устройств для очистки воздуха от пыли	72
4.2. Основные характеристики пылеулавливающего оборудования	74
4.3. Цели и задачи очистки приточного и рециркуляционного воздуха.....	76
4.4. Общая характеристика воздушных фильтров.....	77
4.5. Виды воздушных фильтров	83
4.5.1. Ячейковые фильтры	83
4.5.2. Самоочищающиеся масляные фильтры	84
4.5.3. Рулонные фильтры	87
4.5.4. Воздушные фильтры высокой эффективности с материалами ФП	88
4.5.5. Электрические воздушные фильтры.....	92
4.6. Воздушные фильтры иностранных фирм.....	94
4.7. Обеспечение высокой чистоты воздуха в соответствии с технологическими требованиями.....	99
5. ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ	103
5.1. Общая характеристика пылеуловителей	103
5.2. Пылесадочные камеры	104
5.3. Инерционные пылеуловители	106
5.4. Циклоны.....	109
5.4.1. Общая характеристика.....	109
5.4.2. Теоретические основы циклонного процесса.....	111
5.4.3. Конструкции циклонов.....	114
5.4.4. Выбор и расчет циклонов.....	126
5.5. Батарейные циклоны (мультициклоны)	132
5.6. Ротационные пылеуловители	134
5.7. Вихревые пылеуловители	135
5.8. Фильтрационные пылеуловители	137
5.9. Мокрые пылеуловители	152
5.10. Электрические пылеуловители	165
5.11. Фильтровентиляционные агрегаты.....	170
5.12. Биологическая очистка воздуха. Биофильтры	173
5.13. Перспективы совершенствования пылеуловителей.....	175
6. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ПЫЛЕГАЗОВЫХ ПОТОКОВ	177
6.1. Преимущества предварительной подготовки пылей к очистке.....	177

6.2. Акустическая подготовка пылей к очистке	177
6.3. Искусственная ионизация запыленного воздуха.....	182
7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТАНОВОК ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ	189
7.1. Очистка воздуха как составная часть комплекса мероприятий по борьбе с пылью	189
7.2. Нормативные документы	190
7.3. Разработка устройств для очистки выбросов	190
7.4. Разработка устройств для очистки приточного воздуха.....	195
7.5. Применение рециркуляции воздуха	197
7.6. Мероприятия по предотвращению пожаров и взрывов.....	198
7.7. Реконструкция и модернизация пылеулавливающего оборудования.....	204
7.8. Механизация процесса удаления уловленной пыли	207
7.9. Системы пылеулавливания и конструктивные решения местных отсосов	210
7.10. Экономические показатели пылеулавливающих установок	214
7.11. Примеры подбора пылеулавливающего оборудования.....	216
8. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ВРЕДНЫХ ГАЗОВ И ПАРОВ	222
8.1. Значение очистки воздуха от вредных газов и паров.....	222
8.2. Технологические мероприятия по уменьшению выделения паров и газов.....	223
8.3. Основные способы очистки выбросов в атмосферу от газовых загрязнений.....	225
8.4. Очистка от диоксида серы и сероводорода.....	232
8.5. Очистка от оксидов азота	234
8.6. Очистка от оксида и диоксида углерода	238
8.7. Очистка от галогенов и их соединений.....	240
8.8. Очистка от паров растворителей	241
8.9. Высокотемпературное сжигание горючих примесей	243
8.10. Очистка газовых выбросов двигателей внутреннего сгорания	244
9. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ	246
9.1. Основные понятия, определения, единицы измерения.....	246
9.2. Радиоактивные аэрозоли	249
9.3. Очистка воздуха от радиоактивных аэрозолей, газов и паров.....	253

10. ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ	258
10.1. Содержание микроорганизмов в воздухе	258
10.2. Роль вентиляции в очистке воздуха от микроорганизмов	260
10.3. Обеззараживание воздушной среды с помощью ультрафиолетового облучения	262
10.4. Ионизационное осаждение микроорганизмов из воздушной среды	265
10.5. Дезинфекция воздуха	267
11. УСТРАНЕНИЕ НЕПРИЯТНЫХ ЗАПАХОВ	268
12. ВАКУУМНАЯ ПЫЛЕУБОРКА.....	273
12.1. Значение пылеуборки.....	273
12.2. Промышленные пылесосы.....	275
12.3. Системы централизованной вакуумной пылеуборки	277
12.4. Расчет систем централизованной пылеуборки	287
13. ИСПЫТАНИЕ, НАЛАДКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА	292
13.1. Испытание и наладка.....	292
13.2. Эксплуатация оборудования для очистки воздуха.....	295
13.2.1. Надежность оборудования для очистки воздуха и значение правильности его эксплуатации.....	295
13.2.2. Документация на пылеулавливающие установки.....	296
13.2.3. Организация эксплуатации оборудования для очистки воздуха	297
13.2.4. Особенности эксплуатации основных видов оборудования для очистки воздуха.....	301
13.2.5. Техника безопасности при эксплуатации пылеулавливающих устройств	304
ЛИТЕРАТУРА	306

Введение

Вся жизнь человека проходит в воздушной среде. Его здоровье, работоспособность, само существование зависят от качества воздуха, в значительной мере от того, насколько воздух свободен от аэрозольных, газовых, радиоактивных, бактериальных загрязнений.

Очистка воздуха имеет важнейшее санитарно-гигиеническое, экологическое и экономическое значение. Поступление в помещение воздуха, не подвергнутого очистке или недостаточно очищенного, может привести к негативным последствиям. Эффективная очистка воздуха позволяет решить важную экологическую и экономическую проблему — перейти на замкнутый воздушный цикл, осуществить безотходное производство, что способствует улучшению санитарно-гигиенической и экологической обстановки, дает существенную экономию энергетических ресурсов.

Очистка вентиляционного воздуха от загрязнений — одна из важнейших задач инженеров специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция».

В учебной литературе для студентов данной специальности обычно рассматривалась очистка воздуха от пыли. Этим сейчас нельзя ограничиться. Хотя очистка воздуха от газовых загрязнений решается в основном специалистами-химиками, будущие инженеры по ТГВ должны иметь достаточное о ней представление. На практике очистка вентиляционных выбросов часто неотделима от очистки других выбросов в атмосферу. Специалистам по ТГВ приходится заниматься и этими вопросами. В учебном пособии, посвященном очистке воздуха, вопросы санитарной очистки технологических выбросов должны получить определенное освещение. Это же относится к очистке воздуха от радиоактивных загрязнений, болезнетворных микроорганизмов, а также к устранению неприятных запахов.

Очистка воздуха перед подачей его в помещения различного назначения способствует созданию необходимых санитарно-гигиенических условий воздушной среды, а в ряде случаев — также условий, диктуемых технологией. Благодаря очистке выбросов перед их поступлением в атмосферу предотвращается загрязнение атмосферного воздуха. Очистка воздуха позволяет возратить в производство или использовать для других полезных целей вещества, содержащиеся в выбросах и поступившие в них в результате ведения технологических процессов, сопровождающихся измельчением различных материалов. Это окупает полностью или частично расходы на очистку.

Требования к качеству воздушной среды, в том числе к чистоте воздуха, постоянно возрастают. В связи с этим необходимо целенаправленно разрабатывать и внедрять новые методы и более совершенное оборудование для очистки воздуха.

Значительное внимание в книге уделено вопросам очистки воздуха от пыли в системах вентиляции. Рассматриваются также очистка воздуха от вредных газов, паров, радиоактивных и бактериальных загрязнений, устранение неприятных запахов, вакуумная пылеуборка.

Во втором издании учебного пособия даны схемы систем вентиляции производственных помещений с выделением пыли и других вредностей. Приведены современные конструкции местных отсосов, применяемых при удалении пыли и других вредных веществ. Сделан также ряд других дополнений и уточнений, в частности в список литературы включены некоторые новые работы иностранных авторов по вопросам очистки воздуха.

Книга предназначена в качестве учебного пособия для студентов специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция». Она будет также полезна инженерам соответствующей специальности, студентам-экологам, специалистам, которые связаны с разработкой, монтажом и эксплуатацией систем и устройств для очистки воздуха.

Автор выражает благодарность доктору технических наук, профессору М.И. Гримитлину, доктору технических наук, профессору Е.Е. Новгородскому, профессору В.В. Дерюгину и сотрудникам кафедры отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета за ценные замечания и рекомендации, сделанные при рецензировании рукописи книги.

1. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ

1.1. Источники загрязнений

Промышленное производство и другие виды хозяйственной деятельности людей сопровождаются выделением в воздух помещений и в атмосферный воздух различных веществ, загрязняющих воздушную среду.

Вредные вещества поступают в воздух помещений также в результате жизнедеятельности людей и животных.

В воздух поступают аэрозольные частицы (пыль, дым, туман), газы, пары, а также микроорганизмы и радиоактивные вещества. Качество воздуха ухудшается также из-за присутствия в воздухе носителей неприятных запахов.

В конце XX в. в атмосферу Земли поступало в год 150 млн т различных аэрозолей; 220 млн т диоксида серы; 450 млн т оксида углерода; 75 млн т оксидов азота. В год на каждого жителя Земли приходилось в среднем 0,3 т выбросов в атмосферу.

Почти каждое производство имеет свои специфические виды вредных выбросов в воздух.

Основными источниками загрязнения внешней воздушной среды являются:

— промышленные предприятия, в первую очередь химические, нефтехимические и металлургические заводы; теплогенерирующие установки (тепловые электростанции, отопительные и производственные котельные);

— транспорт, в первую очередь автомобильный. Соотношение между этими видами выбросов в мировой практике приблизительно такое: на энергетические выбросы приходится примерно 60%, транспортные 20–25%, промышленные 15–20%. В различных странах это соотношение может изменяться в зависимости от местных условий: развития промышленности и роли в ней отдельных отраслей, насыщенности автомобильным транспортом, климатических условий; требований к защите окружающей среды и состояния техники; очистки выбросов.

Поступление в воздушную среду производственных помещений и выброс в атмосферу паров, газов, аэрозолей и других вредных веществ — прямой результат несовершенства технологического и транспортного оборудования, в первую очередь его негерметичности, а также отсутствия или недостаточной эффективности пылеулавливающих и локализирующих устройств и систем.

Количество наиболее распространенных видов вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу от стационарных источников по ряду городов России, дано в табл. 1.1.

В конце XX в. на одного человека в России приходилось более 400 кг выбрасываемых в атмосферу вредных веществ в год.

Таблица 1.1

Выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в ряде городов России, тыс.т /год

Город	Вредные вещества					
	всего	твердые	газооб- разные и жидкие	из них		
				оксиды серы	оксиды азота	оксид углерода
Архангельск	85	20	65	45	5	13
Братск	158	41	117	21	6	85
Волгоград	228	42	186	38	19	60
Иркутск	94	29	65	29	8	26
Кемерово	122	37	85	26	28	21
Красноярск	259	78	181	39	13	115
Магнитогорск	849	170	679	84	34	548
Москва	312	30	282	70	99	28
Новокузнецк	833	136	697	90	34	562
Санкт-Петербург	236	46	190	74	47	41
Усть-Каменогорск	143	24	119	69	12	36
Уфа	304	9	295	72	25	36
Челябинск	427	94	333	60	29	210

В связи со значительным увеличением автомобильного парка постоянно возрастает его роль в загрязнении атмосферного воздуха.

Легковой автомобиль выбрасывает оксида углерода CO до $3 \text{ м}^3/\text{ч}$, грузовой — до $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($3\text{--}6 \text{ кг}/\text{ч}$).

Особенно высокое содержание оксида углерода в воздухе отмечается на уличных перекрестках перед светофорами, где двигатели автомобилей работают на богатых смесях.

В районах с узкими улицами с высокими домами большая концентрация оксида углерода рассеивается медленно и вызывает хронические отравления людей, длительное время находящихся в этих районах, особенно на перекрестках (регулирующих уличное движение, уличных торговцев и т.д.).

Оксид углерода в повышенных концентрациях обнаружен на значительной высоте, а также в рабочих и жилых помещениях высотных домов, на улицах с интенсивным автомобильным движением.

Большая концентрация оксида углерода может создаваться в кабинах шоферов, трактористов, комбайнеров и др.; до 1% оксида углерода содержит табачный дым.

1.2. Вредные вещества и их воздействие на организм человека

Вредные вещества, попадая в организм даже в небольших количествах, нарушают его нормальную жизнедеятельность и могут привести к необратимым патологическим изменениям. Эти вещества используются в качестве сырья или в качестве вспомогательных материалов, либо являются побочными продуктами производства.

К распространенным вредным веществам относятся: аэрозоли различного происхождения — пыль, туман, дым; соединения углерода (оксид, диоксид и др.); соединения серы (сероводород, диоксид серы и др.); соединения азота (аммиак, оксиды азота и др.); галоиды (хлор, фтор, бром и их соединения); фосфор и его соединения (фосфористый водород и др.); мышьяк и его соединения (мышьяковистый водород и др.); цианистые соединения (цианистый водород, соли цианистой кислоты и др.); тяжелые и редкие металлы (свинец, ртуть, марганец, цинк, кобальт, хром, ванадий и др.); углеводороды ароматического ряда (бензол, толуол, ксилол); углеводороды жирного ряда (бензины и др.); спирты жирного ряда (метилловый, этиловый и др.; простые эфиры и др.).

Вредные вещества проникают в организм через дыхательные пути (основной способ проникновения), через кожу и пищеварительный тракт.

Основной и наиболее опасный путь — через органы дыхания. Поверхность легочных альвеол 90–100 м² при их среднем растяжении. Толщина альвеолярных мембран 0,001–0,004 мм. Поэтому именно в легких имеются самые удобные условия для проникновения газов, паров и пыли в кровь.

Поступление вредных веществ в организм через желудочно-кишечный тракт в производственных условиях встречается сравнительно редко.

Через кожу в организм могут проникать вещества, хорошо растворяющиеся в жирах (углеводороды ароматического и жирного ряда и их производные, металлоорганические соединения и др.). Проникновению вредных веществ через кожу способствует высокая температура воздуха, при которой кровообращение в коже значительно усиливается.

Некоторые вредные вещества, например тяжелые металлы, способны накапливаться в тканях организма, например в печени, образуя так называемое депо.

В силу различных причин эти вещества из депо могут поступать в кровь и вызывать отравления организма. Ряд веществ (производные бензола и др.) могут образовывать так называемые временные депо, существующие несколько дней или недель.

Вредное действие вещества, попадающего в организм, зависит от ряда факторов. Токсичность вещества в значительной мере определяется его химической структурой. Большое значение имеет дисперсность, т.е. степень измельчения вещества. Чем выше дисперсность вещества, тем оно глубже и быстрее способно проникнуть в дыхательные пути.

Имеет значение растворимость данного вещества в соках и жидкостях организма, концентрация вещества во вдыхаемом воздухе, а также продолжительность его воздействия.

Воздействие вредных веществ на организм зависит также от температуры и влажности воздуха. При высокой температуре расширяются кожные сосуды, увеличивается выделение пота, учащается дыхание. Это способствует проникновению вредных веществ в организм.

Повышение температуры увеличивает летучесть вредных веществ, ускоряет их испарение. Повышение влажности воздуха усиливает токсич-

ность ряда вредных веществ, находящихся в воздухе, например соляной кислоты, фтористого водорода.

Токсичное действие вредных веществ зависит также от индивидуальных свойств организма; дети и подростки, беременные женщины в большой степени подвержены воздействию вредных веществ. Поэтому в производствах, где широко применяется труд женщин, вопросам очистки воздуха от вредных веществ нужно уделить особое внимание.

Общая характеристика основных загрязнителей воздуха

Пыль и другие аэрозоли. Качество воздуха, его воздействие на организм, а также оборудование и технологические процессы во многом обусловлены содержанием в нем взвешенных частиц, главным образом пылевых.

Пыль технологического происхождения характеризуется большим разнообразием по химическому составу, размеру частиц, их форме, плотности, характеру краев частиц и т.д. Соответственно разнообразно воздействие пыли на организм человека и окружающую среду.

Известный русский гигиенист Ф.Ф. Эрисман отмечал, что пыль причиняет вред организму в результате механического воздействия (повреждение органов дыхания острыми краями пыли), химического (отравление ядовитой пылью), бактериологического (вместе с пылью в организм проникают болезнетворные микроорганизмы).

По мнению гигиенистов, пылевые частицы размером 5 мкм и меньше способны глубоко проникать в легкие вплоть до альвеол. Пылинки размером 5–10 мкм в основном задерживаются в верхних дыхательных путях, почти не проникая в легкие.

Пыль оказывает вредное действие на органы дыхания, зрение, кожу, а при проникновении в организм человека — также на пищеварительный тракт.

Наиболее тяжелые последствия вызывает систематическое вдыхание пыли, содержащей свободный диоксид кремния SiO_2 . В результате возникает силикоз. Это одна из форм болезни легких, связанной с вдыханием запыленного воздуха, — пневмокониоза. Вдыхание угольной пыли вызывает антракоз, хлопковой — биссиноз, асбестовой — асбестоз и т.д.

Воздействие пыли на орган зрения вызывает конъюнктивиты, на кожу — дерматиты.

Пыль в производственных помещениях оказывает неблагоприятное воздействие на оборудование, вызывая, например, его интенсивный износ. Осаждение пыли на поверхность нагрева и охлаждения ухудшает условия теплообмена и т.д. Осаждение пыли на электрическом оборудовании может привести к нарушению его работы, к авариям.

Органические пыли, например мучная, могут быть питательной средой для развития микроорганизмов. Пылевые частицы могут быть ядром конденсации для паров жидкостей. Вместе с пылью в помещение могут проникать

кать вещества, вызывающие интенсивную коррозию металлов и т.д. С воздухом многие пыли образуют взрывоопасные смеси.

Оксид углерода (угарный газ CO) — бесцветный газ, без запаха. Высокотоксичное вещество. Плотность по отношению к воздуху 0,967. Образуется в результате неполного сгорания углерода (сгорание углерода в условиях недостатка кислорода). Выделения CO происходят в литейных, термических, кузнечных цехах, в котельных, особенно работающих на угольном топливе, CO содержится в выхлопных газах автомашин, тракторов и т.д. Через легкие CO проникает в кровь. Вступая в соединение с гемоглобином, образует карбоксигемоглобин. При этом нарушается снабжение организма кислородом. В тяжелых случаях наступает удушье.

Цианиды. К цианидам относятся: цианистая (синильная) кислота (HCN), ее соли (KCN , $NaCN$, CH_3CN) и др. HCN — бесцветная жидкость с запахом горького миндаля. Цианиды натрия и калия — бесцветные кристаллы, слабо пахнут синильной кислотой.

Синильная кислота используется в производстве нитрильного каучука, синтетического волокна и органического стекла, при извлечении благородных металлов из руд и др. Цианиды натрия и калия применяют в гальванических цехах при покрытии металлов медью, латунью, золотом, в фармакологическом производстве.

Синильная кислота может поступать в организм через слизистые оболочки дыхательных путей и пищеварительного тракта, в незначительном количестве — через кожу. Соли синильной кислоты в организм проникают в виде пыли через ротовую полость. Синильная кислота и ее соединения высокотоксичны. Цианиды, поступившие в организм, нарушают кровообращение и снабжение организма кислородом.

Сероводород (H_2S — бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Температура кипения ($-60,9$ °C), плотность по отношению к воздуху 1,19. Горит синим пламенем с образованием воды и диоксида серы.

Встречается при переработке, получении или применении сернистого бария, сернистого натрия, сурьмы, в кожевенной промышленности, в свеклосахарном производстве, на фабриках искусственного шелка, при добыче нефти и ее переработке и других производствах. Поступает в организм через легкие, в небольших количествах через кожу. Обладает высокой токсичностью. Порог ощущения запаха $0,012-0,03$ мг/м³, концентрация около 11 мг/м³ тяжело переносима даже для привычных к нему.

Поражает центральную нервную систему, нарушает кровоснабжение организма. При низких концентрациях обладает раздражающим действием в отношении слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Диоксид серы (сернистый газ SO_2) — бесцветный газ с острым запахом. Плотность по отношению к воздуху 2,213. Встречается при сжигании топлива, содержащего серу, в котельных, кузницах, литейном производстве, при производстве серной кислоты, на медеплавильных заводах, в кожевенном производстве и ряде других. Весьма распространенное вредное вещество.

В организм поступает через дыхательные пути. Оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз, верхних дыхательных путей. При больших концентрациях могут быть более тяжелые последствия вплоть до потери сознания, отека легких.

Оксиды азота являются смесью соединений азота при их различном соотношении. Весьма распространенные вредные вещества выделяются при производстве азотной кислоты, при производстве удобрений, при взрывных работах и др. Поступают в организм через дыхательные пути. При небольших концентрациях и малом содержании в смеси диоксида азота происходит раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей. При большом содержании в смеси диоксида азота и большой концентрации смеси в воздухе наступают явления удушья.

Углеводороды ароматического ряда. В производстве широко применяют бензол, толуол, ксилол. Их получают при перегонке каменного угля на коксохимических заводах и перегонке нефти.

В обычных условиях они находятся в жидком состоянии. Температура кипения бензола (C_6H_6) $80,1\text{ }^\circ\text{C}$; толуола ($C_6H_5CH_3$) $110,8\text{ }^\circ\text{C}$; ксилола ($(C_6H_5)_2C_6H_4$) $144\text{ }^\circ\text{C}$. Поступают в организм через дыхательные пути и кожу. Наиболее опасным является бензол. Ароматические углеводороды действуют на кроветворные органы и на центральную нервную систему.

Металлы. Сейчас наряду с широко известными металлами (свинец, ртуть, цинк, марганец, хром, никель и др.) все шире применяются для получения сплавов со специальными свойствами, в качестве катализаторов, для изготовления отдельных деталей, конструкций и т.д. редкие рассеянные металлы (бериллий, литий, ванадий, титан, цирконий, вольфрам, таллий, селен и др.).

В качестве вредных веществ металлы могут быть в виде аэрозолей дезинтеграции и конденсации, а также в виде паров.

Свинец (*Pb*) — тяжелый металл. Температура плавления $327\text{ }^\circ\text{C}$, температура кипения $1525\text{ }^\circ\text{C}$. При температуре $400\text{--}500\text{ }^\circ\text{C}$ начинает интенсивно выделять пары. Свинец и его соединения поступают в воздух на предприятиях по выплавке свинца, по производству аккумуляторов, свинцовых красок, по производству дробы и др. В промышленном производстве применяются соединения свинца: сернистый свинец, оксид свинца (глет), свинцовый сурик, серноокислый свинец и др.

Свинец поступает в организм большей частью через дыхательные пути, а также через пищеварительный тракт.

Свинец нарушает работу органов кровообращения и центральной нервной системы, системы пищеварения, обменные процессы в организме. Может накапливаться в различных органах (кости, мозг, печень, мышцы), образуя так называемое депо. Выделение свинца из организма происходит в течение длительного времени (месяцев, лет).

Ртуть (*Hg*) — жидкий металл. Температура кипения $367,2\text{ }^\circ\text{C}$, температура твердения ($-38,9\text{ }^\circ\text{C}$). Испаряется при комнатной температуре. В

Учебное пособие

Евгений Александрович Штокман

ОЧИСТКА ВОЗДУХА

Редактор *Г.М. Мубаракшина*
Компьютерная верстка *Е.С. Корнило*
Дизайн обложки : *Н.С. Кузнецова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 20.10.2006

Подписано к печати 31.05.07. Формат 60x90/16.

Бумага газетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 19,5 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел./факс: (495)183-56-83,
e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>