

2. ОХРАНА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

2.1. Источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ

Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает сложное и многоплановое воздействие на окружающую среду. Это, в особой степени, относится к открытому способу добычи полезных ископаемых. При производстве открытых горных работ в воздушную среду поступает значительное количество загрязнителей, причем основным загрязняющим веществом выступает *неорганическая пыль*. Эмиссия данного вещества приводит к постепенной деградации зеленых насаждений, снижению их продуктивности и утрате устойчивости.

Величина выброса вредных веществ для горнодобывающих предприятий этого класса зависит от термодинамических параметров атмосферного воздуха (температура, влажность, скорость и направление ветра) и горнотехнических особенностей разработки (глубина карьера, его ориентация относительно розы ветров, высота уступа, расположение внутренних и внешних отвалов пустой породы, наличие и размеры хвостохранилищ, технология производства буровзрывных работ и транспортирования полезного ископаемого, тип используемого горного оборудования и т.п.).

Загрязнение атмосферы сернистыми газами, окисью углерода, двуокисью азота, пылью и другими специфическими веществами, свойственными промышленным выбросам, ведёт к нарушению норм качества воздуха. В мире ежегодно отбивается 10 млрд.м³ горной массы с применением взрывчатых веществ.

При массовых взрывах образуется пылегазовое облако объёмом 15-20 млн.м³, поднимающееся на высоту до 1500-1700 м, где воздушное течение рассеивает и уносит 93-99% пыли, при бурении скважин – 91-93%, при погрузке разрушенной горной массы – до 88%, внутрикарьерные дороги дают 80-90% общего пылевого баланса. Особую опасность представляет пыль тяжёлых металлов, выбрасываемая в атмосферу или в водоёмы, т.к. она включается в природный кругооборот; ещё опаснее металлические яды. Горящие породные отвалы выделяют на каждую тонну породы до 135 мг пыли и от 86,3 до 363 кг газов (СО, СО₂, SO₂, H₂S, смесь NO и NO₂).

В горном деле эмиссию вредных веществ в атмосферу определяют естественные и производственные факторы.

Естественные факторы – это состав вмещающих горных пород и полезных ископаемых, окислительные процессы, шахтные и подземные воды.

Производственные факторы – это использование взрывчатых веществ при ведении горных работ, выхлопные газы применяемого самоходного оборудования и буровые работы.

Источники выбросов делятся на:

- стационарные и передвижные,
- точечные, линейные и площадные,
- организованные и неорганизованные.

К основным источникам загрязнения углекислым газом относятся рудничные пожары, взрывы угольной пыли и метана, взрывные работы. Сероводород в шахтах выделяется при гниении органических веществ, разложении водой сернистого колчедана и гипса, а также при пожарах и взрывных работах. Сернистый газ выделяется в небольших количествах из пород и угля вместе с другими газами. Метан в угольных пластах находится в основном в связанном состоянии, 10-15% метана – в свободном. При разрушении угля, в первую очередь, выделяется свободный метан, а затем десорбирует связанный.

Загрязнение атмосферы пылью происходит при транспортировке, сортировке, дроблении, складировании и отгрузке полезных ископаемых. Наибольшая запыленность (125-160 мг/м³) наблюдается в местах перегрузки полезных ископаемых и сопровождающих пород.

При открытой добыче полезных ископаемых источники загрязнения подразделяют на периодические и непрерывно действующие.

Взрывные работы, проводимые на карьерах, бурение скважин и погрузка горной массы интенсивно загрязняют атмосферу мелкодисперсной пылью. Буровые станки шарошечного бурения без пылеподавления выделяют в атмосферу до 2200 мг/с, роторные экскаваторы – 8000 мг/с, погрузочные экскаваторы – 6000 мг/с. В районе внутрикарьерных работ запыленность воздуха составляет 100 мг/м³. Технологические машины и механизмы (бульдозеры, скреперы, погрузчики, тракторы и др.) загрязняют воздух отработанными газами. Около половины выбрасываемых в атмосферу веществ приходится на промышленные и коммунально-бытовые котельные.

2.2. Предельно допустимые концентрации для основных видов загрязнителей атмосферного воздуха. Пределы допустимых выбросов в атмосферу вредных веществ

Для количественной оценки содержания примеси в атмосфере используется понятие *концентрации* – количества вещества, содержащегося в единице объема воздуха, приведенного к нормальным условиям.

Качество атмосферного воздуха – это совокупность его свойств, определяющая степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом. Качество атмосферного воздуха может считаться удовлетворительным, если содержание примесей в нем не превышает *предельно допустимых концентраций* (ПДК).

ПДК – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него и на окружающую среду в целом прямого или косвенного воздействия, включая отдаленные последствия.

Под *прямым воздействием* понимается нанесение организму человека временного раздражающего действия, вызывающего ощущение запаха, кашель, головную боль. При накоплении в организме вредных веществ выше определенной дозы могут возникать патологические изменения отдельных органов или организма в целом.

Под *косвенным воздействием* понимаются такие изменения в окружающей среде, которые, не оказывая вредного влияния на живые организмы, ухудшают обычные условия обитания: поражаются зеленые насаждения, увеличивается число туманных дней и т.д.

Основным критерием установления нормативов ПДК для оценки качества атмосферного воздуха является воздействие содержащихся в воздухе загрязняющих примесей на организм человека.

Для оценки качества атмосферного воздуха установлены две категории ПДК: *максимально разовая* (ПДК_{МР}) и *среднесуточная* (ПДК_{СС}).

ПДК_{МР} – основная характеристика опасности вредного вещества. Установлена для предупреждения рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, световой чувствительности, биоэлектрической активности головного мозга) при кратковременном воздействии атмосферных примесей. Поэтому нормативу оцениваются вещества, обладающие запахом или воздействующие на другие органы чувств человека.

ПДК_{СС} – установлена для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного и другого влияния вещества на организм человека. Вещества, оцениваемые по этому нормативу, обладают способностью временно или постоянно накапливаться в организме человека.

ПДК наиболее распространенных загрязняющих веществ приведены в табл.1.

Таблица 1 ПДК наиболее распространенных веществ

Наименование загрязняющего вещества	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³
Азота диоксид	0,085	0,04
Азота оксид	0,4	0,06
Аммиак	0,2	0,04
Бенз(а)пирен	-	0,1 мкг/100 м ³
Взвешенные вещества	0,5	0,15
Ртуть металлическая	-	0,0003
Свинец и его соединения	-	0,0003
Углерода оксид	5	3
Угольная зола ТЭС	0,05	0,02
Формальдегид	0,35	0,003
Хлор	0,1	0,03

Также различают ПДК вредных веществ в воздухе населенных пунктов и ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

ПДК вредных веществ в воздухе населенных пунктов – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния.

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни.

Необходимость отдельного нормирования примесей в воздушной среде определяется условиями восприятия вредных веществ людьми на предприятиях. В течение рабочего дня загрязненным воздухом дышат здоровые, прошедшие медицинское освидетельствование люди, а в населенных пунктах круглосуточно дышат как взрослые, так и дети, пожилые и больные люди. Поэтому ПДК рабочей зоны больше ПДК атмосферного воздуха для населенных пунктов.

В воздухе территории предприятия содержание вредных веществ должно быть втрое ниже по сравнению с ПДК рабочей зоны. Такое ограничение обусловлено тем, что воздух территории используется для вентиляции производственных помещений, где концентрация примесей периодически может быть очень высокой. Поэтому приточный воздух для проветривания должен быть незагрязненным.

Если вещество оказывает на окружающую природную среду вредное действие в меньших концентрациях, чем на человека, то при нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую природу.

Воздействие веществ, для которых не установлены ПДК, оценивается по ориентировочному безопасному уровню воздействия загрязняющего атмосферу вещества (ОБУВ).

В воздухе территории предприятия содержание вредных веществ должно быть втрое ниже по сравнению с ПДК рабочей зоны. Такое ограничение обусловлено тем, что воздух территории используется для вентиляции производственных помещений, где концентрация примесей периодически может быть очень высокой. Поэтому приточный воздух для проветривания должен быть незагрязненным.

ОБУВ – временный гигиенический норматив для загрязняющего атмосферу вещества, устанавливаемый расчетным методом для целей проектирования промышленных объектов.

Нормативы ПДК для атмосферного воздуха являются едиными для всей территории России. Установленные в других странах ПДК могут отличаться в большую

или меньшую сторону. Например, в США установлена ПДК_{мр} для SO₂ – 0,75 мг/м³, а в России – 0,5 мг/м³. Для зон санитарной охраны курортов, мест размещения крупных санаториев и домов отдыха, а также для зон отдыха городов ПДК установлена на 20 % меньше, чем для жилых районов.

Некоторые вещества при одновременном присутствии в атмосферном воздухе обладают однонаправленным действием, т. е. эффектом суммации. В этом случае при оценке качества атмосферного воздуха должно выполняться следующее условие:

$$C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + \dots + C_n/ПДК_n$$

где C₁, C₂, ..., C_n – концентрация каждого из веществ, обладающих эффектом суммации, мг/м³; ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n – предельно допустимые концентрации этих веществ.

Перечень веществ, обладающих эффектом суммации, постоянно дополняется и на сегодня насчитывает 51 группу веществ однонаправленного действия.

Для каждого проектируемого и действующего объекта, являющегося стационарным источником загрязнения воздушного бассейна, устанавливаются *нормативы предельно допустимых выбросов* (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

ПДВ устанавливают из условия, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками не создают приземную концентрацию, превышающую ПДК за пределами санитарно-защитной зоны:

$$C + C_{\phi} < ПДК,$$

где C – концентрация вещества в приземном слое от расчетного источника при сохранении норматива ПДВ, C_φ – фоновая концентрация этого же вещества.

Если на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, значения ПДВ по объективным причинам не могут быть немедленно достигнуты, устанавливают *временно согласованный выброс* (ВСВ). Норматив ВСВ устанавливают на период разработки и реализации воздухоохраных мероприятий, обеспечивающих достижение нормативов ПДВ. Срок действия норматива ПДВ, как правило, не превышает 5 лет. При появлении новых производств, реконструкции действующих, изменении технологического процесса или вида используемого сырья и в других аналогичных случаях нормативы ПДВ подлежат пересмотру.

Для каждого города на основании нормативов ПДВ предприятий и фонового состава атмосферного воздуха разрабатывают общегородские нормативы ПДВ, в соответствии с которыми индивидуальные ПДВ предприятий могут быть пересмотрены в сторону уменьшения.

Расчет нормативов ПДВ производится на ЭВМ по специально разработанным программам.

Соблюдение установленных нормативов качества атмосферного воздуха обеспечивает благоприятную экологическую обстановку в данном районе в соответствии с требованиями закона Российской Федерации «Об охране атмосферного воздуха».

2.4. Мероприятия по снижению уровня выбросов в атмосферу

В газообразных промышленных выбросах вредные примеси можно разделить на две группы:

- а) взвешенные частицы (аэрозоли) твердых веществ – пыль, дым; жидкостей – туман;
- б) газообразные и парообразные вещества.

К аэрозолям относятся взвешенные твердые частицы неорганического и органического происхождения, а также взвешенные частицы жидкости (тумана).

Пыль – это дисперсная малоустойчивая система, содержащая больше крупных частиц, чем дымы и туманы. Счетная концентрация (число частиц в 1 см³) мала по сравнению с дымами и туманами. Неорганическая пыль в промышленных газовых выбросах образуется при горных разработках, переработке руд, металлов, минеральных солей и удобрений, строительных материалов, карбидов и других неорганических веществ. Промышленная пыль органического происхождения – это, например, угольная, древесная, торфяная, сланцевая, сажа и др.

К *дымам* относятся аэродисперсные системы с малой скоростью осаждения под действием силы тяжести. Дымы образуются при сжигании топлива и его деструктивной переработке, а также в результате химических реакций, например, при взаимодействии аммиака и хлороводорода, при окислении паров металлов в электрической дуге и т. д. Размеры частиц в дымах много меньше, чем в пыли и туманах, и составляют от 5 мкм до субмикронных размеров, т. е. менее 0,1 мкм.

Туманы состоят из капелек жидкости, образующихся при конденсации паров или распылении жидкости. В промышленных выхлопах туманы образуются главным образом из кислоты: серной, фосфорной и др.

Вторая группа – газообразные и парообразные вещества, содержащиеся в промышленных газовых выхлопах, гораздо более многочисленна. К ней относятся кислоты, галогены и галогенопроизводные, газообразные оксиды, альдегиды, кетоны, спирты, углеводороды, амины, нитросоединения, пары металлов, пиридины, меркаптаны и многие другие компоненты газообразных промышленных отходов.

В настоящее время, когда безотходная технология находится в периоде становления и полностью безотходных предприятий еще нет, основной задачей газоочистки служит доведение содержания токсичных примесей в газовых примесях до предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных санитарными нормами.

При невозможности достигнуть ПДК очисткой иногда применяют многократное разбавление токсичных веществ или выброс газов через высокие дымовые трубы для рассеивания примесей в верхних слоях атмосферы.

Метод достижения ПДК с помощью «высоких труб» не предохраняет атмосферу, а лишь переносит загрязнения из одного района в другие.

В соответствии с характером вредных примесей различают методы очистки газов от аэрозолей и от газообразных и парообразных примесей. Все способы очистки газов определяются, в первую очередь, физико-химическими свойствами примесей, их агрегатным состоянием, дисперсностью, химическим составом и др. Разнообразие вредных примесей в промышленных газовых выбросах приводит к большому разнообразию методов очистки, применяемых реакторов и химических реагентов.

2.4. Очистка газов от аэрозолей

Методы очистки по их основному принципу можно разделить на механическую очистку, электростатическую очистку и очистку с помощью звуковой и ультразвуковой коагуляции.

Механическая очистка газов включает сухие и мокрые методы. К сухим методам относятся:

- 1) гравитационное осаждение;
- 2) инерционное и центробежное пылеулавливание;
- 3) фильтрация.

В большинстве промышленных газоочистительных установок комбинируется несколько приемов очистки от аэрозолей, причем конструкции очистных аппаратов весьма многочисленны.

Гравитационное осаждение основано на осаждении взвешенных частиц под действием силы тяжести при движении запыленного газа с малой скоростью без

изменения направления потока. Процесс проводят в отстойных газоходах и пылеосадительных камерах. Для уменьшения высоты осаждения частиц в осадительных камерах установлено на расстоянии 40-100 мм множество горизонтальных полок, разбивающих газовый поток на плоские струи. Степень очистки составляет не выше 40-50%. Метод пригоден лишь для предварительной, грубой очистки газов.

Инерционное осаждение основано на стремлении взвешенных частиц сохранять первоначальное направление движения при изменении направления газового потока. Среди инерционных аппаратов наиболее применяют жалюзийные пылеуловители с большим числом щелей (жалюзи). Газы обеспыливаются, выходя через щели и меняя при этом направление движения, скорость газа на входе в аппарат составляет 10-15 м/с. Гидравлическое сопротивление аппарата 100-400 Па. Частицы пыли с $d < 20$ мкм в жалюзийных аппаратах не улавливаются. Степень очистки в зависимости от дисперсности частиц составляет 20-70 %. Инерционный метод можно применять лишь для грубой очистки газа.

Помимо малой эффективности недостаток этого метода – быстрое истирание или забивание щелей.

Центробежные методы очистки газов основаны на действии центробежной силы, возникающей при вращении очищаемого газового потока в очистном аппарате или при вращении частей самого аппарата. В качестве центробежных аппаратов пылеочистки применяют циклоны различных типов: батарейные циклоны, вращающиеся пылеуловители (ротоклоны) и др. Циклоны наиболее часто применяют в промышленности для осаждения твердых аэрозолей. Газовый поток подается в цилиндрическую часть циклона тангенциально, описывает спираль по направлению к дну конической части и затем устремляется вверх через турбулизированное ядро потока у оси циклона на выход. Циклоны характеризуются высокой производительностью по газу, простотой устройства, надежностью в работе. Степень очистки от пыли зависит от размеров частиц. Для циклонов высокой производительности, в частности батарейных циклонов (производительностью более 20000 м³/ч), степень очистки составляет около 90% при диаметре частиц $d > 30$ мкм. Для частиц с $d = 30$ мкм степень очистки снижается до 80%, а при $d = 25$ мкм она составляет менее 40%.

Циклоны(рис.6) широко применяют при грубой и средней очистке газа от аэрозолей.

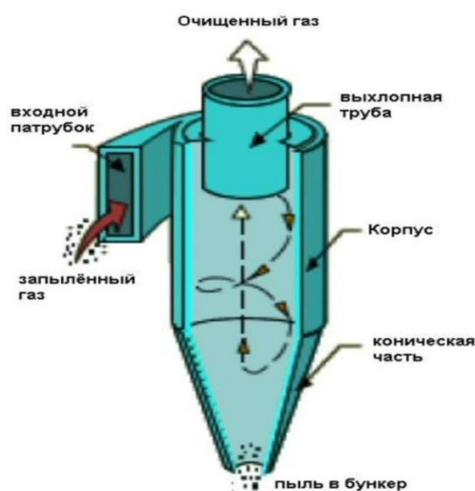


Рис.6.Схема циклона

Другим типом центробежного пылеуловителя служит ротоклон, состоящий из ротора и вентилятора, помещенного в осадительный кожух. Лопастей вентилятора, вращаясь, направляют пыль в канал, который ведет в приемник пыли.

Фильтрация основана на прохождении очищаемого газа через различные фильтрующие ткани (хлопок, шерсть, химические волокна, стекловолокно и др.) или через другие фильтрующие материалы (керамика, металлокерамика, пористые перегородки из пластмассы и др.). Наиболее часто для фильтрации применяют специально изготовленные волокнистые материалы – стекловолокно, шерсть или хлопок с асбестом, асбоцеллюлозу. В зависимости от фильтрующего материала различают тканевые фильтры (в том числе рукавные), волокнистые, из зернистых материалов (керамика, металлокерамика, пористые пластмассы). Тканевые фильтры, чаще всего рукавные, применяются при температуре очищаемого газа не выше 60-65°C. В зависимости от гранулометрического состава пылей и начальной запыленности степень очистки составляет 85-99%.

Для непрерывной очистки ткани продувают воздушными струями, которые создаются различными устройствами – соплами, расположенными против каждого рукава, движущимися наружными продувочными кольцами и др. Сейчас применяют автоматическое управление рукавными фильтрами с продувкой их импульсами сжатого воздуха. Волокнистые фильтры, имеющие поры, равномерно распределенные между тонкими волокнами, работают с высокой эффективностью; степень очистки составляет 99,5 (99,9% при скорости фильтруемого газа 0,15-1,0 м/с и $P = 500-1000$ Па.

На фильтрах из стекловолокнистых материалов возможна очистка агрессивных газов при температуре до 275°C. Для тонкой очистки газов при повышенных температурах применяют фильтры из керамики, тонковолокнистой ваты из нержавеющей стали, обладающие высокой прочностью и устойчивостью к переменным нагрузкам; однако их гидравлическое сопротивление велико – 1000 Па.

Фильтрация – весьма распространенный прием тонкой очистки газов. Ее преимущества – сравнительная низкая стоимость оборудования (за исключением металлокерамических фильтров) и высокая эффективность тонкой очистки. Недостатки фильтрации – высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

Мокрая очистка газов от аэрозолей основана на промывке газа жидкостью (обычной водой) при возможно более развитой поверхности контакта жидкости с частицами аэрозоля и возможно более интенсивном перемешивании очищаемого газа с жидкостью. Этот универсальный метод очистки газов от частиц пыли, дыма и тумана любых размеров является наиболее распространенным приемом заключительной стадии механической очистки, в особенности для газов, подлежащих охлаждению.

В аппаратах мокрой очистки применяют различные приемы развития поверхности соприкосновения жидкости и газа.

Башни с насадкой (насадочные скрубберы) отличаются простотой конструкции и эксплуатации, устойчивостью в работе, малым гидравлическим сопротивлением и сравнительно малым расходом энергии. В насадочном скруббере возможна очистка газов с начальной запыленностью до 5-6 г/м³. Эффективность одной ступени очистки для пылей с $d > 5$ мкм не превышает 70-80%. Насадка быстро забивается пылью, особенно при высокой начальной запыленности.

Орошаемые циклоны (центробежные скрубберы) применяют для очистки больших объемов газа. Они имеют сравнительно небольшое гидравлическое сопротивление – 400-850 Па. Для частиц размером 2-5 мкм степень очистки составляет ~50%.

Центробежные скрубберы высокопроизводительны благодаря большой скорости газа.

Пенные аппараты применяют для очистки газа от аэрозолей полидисперсного состава. Интенсивный пенный режим создается на полках аппарата при линейной скорости газа в его полном сечении 1-4 м/с. Пенные газоочистители обладают высокой

производительностью по газу и сравнительно небольшим гидравлическим сопротивлением. Для частиц с диаметром $d > 5$ мкм эффективность их улавливания на одной полке аппарата 90-99 %; при $d < 5$ мкм – 75-90 %. Для повышения устанавливают двух- и трехполочные аппараты.

Скрубберы Вентури (рис. 7) – высокоинтенсивные газоочистительные аппараты, но работающие с большим расходом энергии. Скорость газа в сужении трубы (горловине скруббера) составляет 100-200 м/с, а в некоторых установках – до 1200 м/с. При такой скорости очищаемый газ разбивает на мельчайшие капли завесу жидкости, впрыскиваемой по периметру трубы. Это приводит к интенсивному столкновению частиц аэрозоля с каплями и улавливанию частиц под действием сил инерции. Скруббер Вентури – универсальный малогабаритный аппарат, обеспечивающий улавливание тумана на 99-100%, частиц пыли с $d = 0,01-0,35$ мкм – на 50-85% и частиц пыли с $d = 0,5-2$ мкм – на 97%. Для аэрозолей с $d = 0,3-10$ мкм эффективность улавливания определяется в основном силами инерции.

Главный недостаток скруббера Вентури – большой расход энергии по преодолению высокого гидравлического сопротивления, которое в зависимости от скорости газа в горловине может составлять 0,002-0,013 МПа. Помимо того, аппарат не отличается надежностью в эксплуатации, управление им сложное.

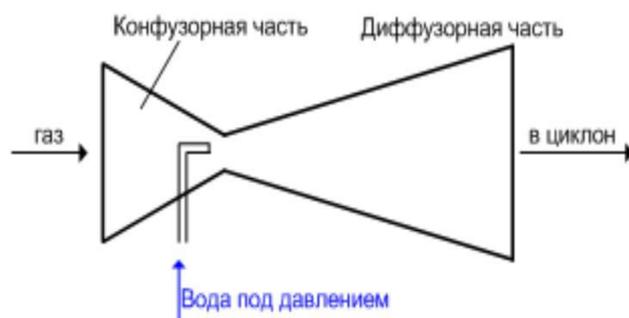


Рис.7. Схема скруббера Вентури

Принцип действия скруббера основан на осаждении частиц на поверхности капель жидкости, образующихся при интенсивном дроблении последней высокоскоростным турбулентным газовым потоком. Основная часть скруббера – труба (сопло) Вентури. Сопла Вентури имеют плавное сужение на входе и расширение на выходе. В конфузорную часть сопла подводится запыленный поток газа и через форсунки подается вода на орошение. В конфузорной части сопла происходит разгон газа до скорости в узком сечении сопла 200 м/с и более. Процесс осаждения пыли на капле жидкости обусловлен турбулентным характером газового потока, развитой поверхностью капель и высокой относительной скоростью частиц жидкости и пыли в конфузорной части сопла. В диффузорной части поток тормозится до скорости 20 м/с и подается в каплеуловитель, который выполняют в виде циклона.

Барботажно-пенный уловитель (рис. 8). Процесс очистки происходит на границе раздела сред между водой и газом. Принцип работы: газ на очистку поступает под решетку, проходит через отверстия в решетке и в виде пузырьков пропускается через слой жидкости и пену (вспенивающую жидкость), где очищается от пыли путем осаждения частиц на внутренней поверхности газовых пузырей. Скорость движения газа – 1-3 м/с. Эффективность очистки уловителем – до 95 %. Минусы: склонность решеток к забиванию шламом – трудно регулировать равномерность (интенсивность) газового потока; сравнительно большие габариты – высокий каплеунос.

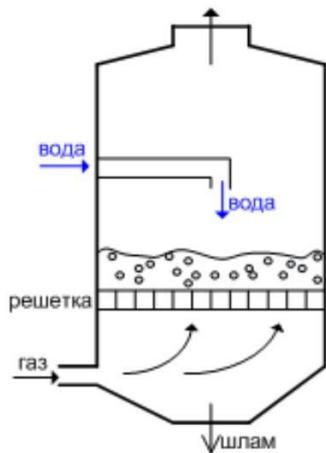


Рис.8. Схема барботажно-пенного уловителя

Основной недостаток всех методов мокрой очистки газов от аэрозолей – это образование больших объемов жидких отходов (шлама). Таким образом, если не предусмотрены замкнутая система водооборота и утилизация всех компонентов шлама, то мокрые способы газоочистки по существу только переносят загрязнители из газовых выбросов в сточные воды, т. е. из атмосферы в водоемы.

Электростатическая очистка газов служит универсальным средством, пригодным для любых аэрозолей, включая туманы кислот, и при любых размерах частиц. Метод основан на ионизации и зарядке частиц аэрозоля при прохождении газа через электрическое поле высокого напряжения, создаваемое коронирующими электродами. Осаждение частиц происходит на заземленных осадительных электродах. Промышленные электрофилтры состоят из ряда заземленных пластин или труб, через которые пропускается очищаемый газ.

Между осадительными электродами подвешены проволочные коронирующие электроды, к которым подводится напряжение 25-100 кВ.

При очистке от пыли сухих газов электрофилтры могут работать в широком диапазоне температур (от 20 до 500°С) и давлений. Их гидравлическое сопротивление невелико – 100-150 Па. Степень очистки от аэрозолей – выше 90, достигая 99,9% на многопольных электрофилтрах при $d > 1$ мкм.

Недостаток этого метода – большие затраты средств на сооружение и содержание очистных установок и значительный расход энергии на создание электрического поля. Расход электроэнергии на электростатическую очистку – 0,1-0,5 кВт на 1000 м³ очищаемого газа.

Звуковая и ультразвуковая коагуляция, а также предварительная электризация пока мало применяются в промышленности и находятся в основном в стадии разработки. Они основаны на укрупнении аэрозольных частиц, облегчающем их улавливание традиционными методами. Аппаратура звуковой коагуляции состоит из генератора звука, коагуляционной камеры и осадителя. Звуковые и ультразвуковые методы применимы для агрегирования мелкодисперсных аэрозольных частиц (тумана серной кислоты, сажи) перед их улавливанием другими методами. Начальная концентрация частиц аэрозоля для звуковой коагуляции должна быть не менее 2 г/м³ (для частиц $d = 1-10$ мкм).

Коагуляцию аэрозолей методом предварительной электризации производят, например, пропуская газ через электризационную камеру с коронирующими электродами, где происходит зарядка и коагуляция частиц, а затем через мокрый газоочиститель, в котором газожидкостный слой служит осадительным электродом. Осадительным электродом может служить пенный слой в пенных аппаратах, слой

газожидкостной эмульсии в насадочных скрубберах и других мокрых газопромывателях, в которых решетки или другие соответствующие детали должны быть заземлены.

2.5. Очистка газов от паробразных и газообразных примесей

Газы в промышленности обычно загрязнены вредными примесями, поэтому очистка широко применяется на заводах и предприятиях для технологических и санитарных (экологических) целей. Промышленные способы очистки газовых выбросов от газо- и паробразных токсичных примесей можно разделить на следующие основные группы:

- абсорбция,
- хемосорбция,
- адсорбция,
- термическое дожигание,
- каталитическая нейтрализация, – биохимические методы.

Абсорбция – это явление растворения вредной газовой примеси сорбентом, как правило, водой. Методом абсорбции можно улавливать только хорошо растворимые газовые примеси и пары. Так, хорошей растворимостью в воде обладают аммиак, хлороводород, фтороводород, пары кислот и щелочей. Для проведения процесса абсорбции используют аппараты мокрого типа, применяемые в технике пылеулавливания.

Абсорбция жидкостями применяется в промышленности для извлечения из газов диоксида серы, сероводорода и других сернистых соединений, оксидов азота, паров кислот (HCl , HF , H_2SO_4), диоксида и оксида углерода, разнообразных органических соединений (фенол, формальдегид, летучие растворители и др.).

Абсорбционные методы служат для технологической и санитарной очистки газов. Они основаны на избирательной растворимости газо- и паробразных примесей в жидкости (физическая абсорбция) или на избирательном извлечении примесей химическими реакциями с активным компонентом поглотителя (хемосорбция). Абсорбционная очистка – непрерывный и, как правило, циклический процесс, так как поглощение примесей обычно сопровождается регенерацией поглотительного раствора и его возвращением в начале цикла очистки. При физической абсорбции (и в некоторых хемосорбционных процессах) регенерацию абсорбента проводят нагреванием и снижением давления, в результате чего происходит десорбция поглощенной газовой примеси и ее концентрирование.

Абсорбенты, применяемые в промышленности, оцениваются по следующим показателям:

- 1) абсорбционная емкость, т.е. растворимость извлекаемого компонента в поглотителе в зависимости от температуры и давления;
- 2) селективность, характеризуемая соотношением растворимостей разделяемых газов и скоростей их абсорбции;
- 3) минимальное давление паров во избежание загрязнения очищаемого газа парами абсорбента;
- 4) дешевизна;
- 5) отсутствие коррозирующего действия на аппаратуру.

В качестве абсорбентов применяют воду, растворы аммиака, едких и карбонатных щелочей, солей марганца, этаноламины, масла, суспензии гидроксида кальция, оксидов марганца и магния, сульфат магния и др.

Очистная аппаратура аналогична аппаратуре мокрого улавливания аэрозолей. Наиболее распространен насадочный скруббер, применяемый для очистки газов от диоксида серы, сероводорода, хлороводорода, хлора, оксида и диоксида углерода, фенолов и т. д. В насадочных скрубберах скорость массообменных процессов мала из-за

малоинтенсивного гидродинамического режима этих реакторов, работающих при скорости газа 0,02-0,7 м/с. Объемы аппаратов поэтому велики и установки громоздки.

Для очистки выбросов от газообразных и парообразных примесей применяют и интенсивную массообменную аппаратуру – пенные аппараты, безнасадочный форсуночный абсорбер, скруббер Вентури, работающие при более высоких скоростях газа. Пенные абсорберы обеспечивают сравнительно высокую скорость абсорбционно-десорбционных процессов; их габариты в несколько раз меньше, чем насадочных скрубберов. При достаточном числе ступеней очистки (многополочный пенный аппарат) достигаются высокие показатели глубины очистки: для некоторых процессов до 99,9 %. Особенно перспективны для очистки газов от аэрозолей и вредных газообразных примесей пенные аппараты со стабилизатором пенного слоя. Они сравнительно просты по конструкции и работают в режиме высокой турбулентности при линейной скорости газа до 4-5 м/с. Примером безотходной абсорбционно-десорбционной циклической схемы может служить поглощение диоксида углерода из отходящих газов растворами моноэтаноламина с последующей регенерацией поглотителя при десорбции CO_2 .

Абсорбционные методы характеризуются непрерывностью и универсальностью процесса, экономичностью и возможностью извлечения больших количеств примесей из газов. Недостаток этого метода в том, что насадочные скрубберы, барботажные и даже пенные аппараты обеспечивают достаточно высокую степень извлечения вредных примесей (до ПДК) и полную регенерацию поглотителей только при большом числе ступеней очистки. Поэтому технологические схемы мокрой очистки, как правило, сложны, многоступенчаты и очистные реакторы (особенно скрубберы) имеют большие объемы.

Любой процесс мокрой абсорбционной очистки выхлопных газов от газо- и парообразных примесей целесообразен только в случае его цикличности и безотходности. Но и циклические системы мокрой очистки конкурентоспособны только тогда, когда они совмещены с пылеочисткой и охлаждением газа.

Хемосорбцию применяют для улавливания газовых примесей, нерастворимых или плохо растворимых в воде. Метод хемосорбции заключается в том, что очищаемый газ орошают растворами реагентов, вступающих в химическую реакцию с вредными примесями с образованием нетоксичных, малолетучих или нерастворимых химических соединений. Этот метод широко используется для улавливания диоксида серы. Отходящие газы орошают суспензией известняка (CaCO_3), известковым молоком (мелкодисперсной суспензией гашеной $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или негашеной CaO извести), суспензией магнезита MgO .

Адсорбция заключается в улавливании поверхностью микропористого адсорбента (активированный уголь, силикагель, цеолиты) молекул вредных веществ. Метод обладает очень высокой эффективностью, но жесткими требованиями к запыленности газа – не более 2...5 мг/м³. Одним из лучших адсорбентов является активированный уголь, у которого в 1 г содержится до 1600 м² поверхностей. Адсорбция широко применяется для улавливания паров растворителей, неприятно пахнущих веществ, органических соединений и множества других газов. Адсорбционная способность адсорбента тем выше, чем меньше его температура и существенно снижается с ее повышением. Это используется в работе адсорберов и при их регенерации. Примером конструкции и адсорбера является противогаз. Очищаемый газ проходит через кольцевой слой адсорбента и очищается. Регенерация адсорбента осуществляется путем продувки горячим водяным паром с последующей сушкой горячим воздухом, т.е. работа аппарата проходит в три стадии, для осуществления которых необходимы три параллельных линии аппаратов. Каждый аппарат работает на определенной стадии – один в режиме адсорбции, другой – продувки водяным паром, третий – сушки воздухом. Затем происходит переключение их на другой режим. Перед адсорберами установлен холодильник для охлаждения газов, после них также устанавливается холодильник – конденсатор для

конденсации удаляемых при регенерации паров воды и примесей, сепаратор для разделения воды и растворителей за счет разной плотности. Растворители могут вновь направляться в производство.

Адсорбционные методы применяют для различных технологических целей – разделение парогазовых смесей на компоненты с выделением фракций, осушка газов и для санитарной очистки газовых выхлопов. В последнее время адсорбционные методы выходят на первый план как надежное средство защиты атмосферы от токсичных газообразных веществ, обеспечивающее возможность концентрирования и утилизации этих веществ.

Адсорбционные методы основаны на избирательном извлечении из парогазовой смеси определенных компонентов при помощи адсорбентов – твердых высокопористых материалов, обладающих развитой удельной поверхностью. Промышленные адсорбенты, чаще всего применяемые в газоочистке, – это активированный уголь, силикагель, алюмогель, природные и синтетические цеолиты (молекулярные сита). Основные требования к промышленным сорбентам – высокая поглощательная способность, избирательность действия (селективность), термическая устойчивость, длительная служба без изменения структуры и свойств поверхности, возможность легкой регенерации. Чаще всего для санитарной очистки газов применяют активный уголь благодаря его высокой поглощательной способности и легкости регенерации/

Адсорбцию газовых примесей обычно ведут в полочных реакторах периодического действия без теплообменных устройств; адсорбент расположен на полках реактора. Когда необходим теплообмен (например, требуется получить при регенерации десорбат в концентрированном виде), используют адсорберы с встроенными теплообменными элементами или выполняют реактор в виде трубчатых теплообменников; адсорбент засыпан в трубки, а в межтрубном пространстве циркулирует теплоноситель. Очищаемый газ проходит адсорбер со скоростью 0,05-0,3 м/с. После очистки адсорбер переключается на регенерацию. Адсорбционная установка, состоящая из нескольких реакторов, работает в целом непрерывно, так как одновременно одни реакторы находятся на стадии очистки, а другие – на стадиях регенерации, охлаждения. Регенерацию проводят нагреванием, например, выжиганием органических веществ, пропусканием острого или перегретого пара, воздуха, инертного газа (азота). Иногда адсорбент, потерявший активность (экранированный пылью, смолой), полностью заменяют.

Наиболее перспективны непрерывные циклические процессы адсорбционной очистки газов в реакторах с движущимся или взвешенным слоем адсорбента, которые характеризуются высокими скоростями газового потока (на порядок выше, чем в периодических реакторах), высокой производительностью по газу и интенсивностью работы.

Общие достоинства адсорбционных методов очистки газов:

- 1) глубокая очистка газов от токсичных примесей;
- 2) сравнительная легкость регенерации этих примесей с превращением их в товарный продукт или возвратом в производство; таким образом осуществляется принцип безотходной технологии.

Адсорбционный метод особенно рационален для удаления токсических примесей (органических соединений, паров ртути и др.), содержащихся в малых концентрациях, т. е. как завершающий этап санитарной очистки отходящих газов.

Недостатки большинства адсорбционных установок – периодичность процесса и связанная с этим малая интенсивность реакторов, высокая стоимость периодической регенерации адсорбентов. Применение непрерывных способов очистки в движущемся и кипящем слое адсорбента частично устраняет эти недостатки, но требует высокопрочных промышленных сорбентов, разработка которых для большинства процессов еще не завершена.

Каталитическая нейтрализация достигается применением катализаторов. В результате каталитических реакций примеси, находящиеся в газе, превращаются в другие соединения, т.е. в отличие от рассмотренных методов примеси не извлекаются из газа, а трансформируются в безвредные соединения, присутствия которых допустимо в выхлопном газе, либо в соединения, легкоудаляемые из газового потока. Если образовавшиеся вещества подлежат удалению, то требуются дополнительные операции (например, извлечение жидкими или твердыми сорбентами).

В качестве катализаторов используются прежде всего платину, палладий в виде тонкослойных напылений на металлические или керамические носители, кроме того применяются монельметалл, диоксид титана, пентаоксид ванадия и т.д. Конструкция промышленного термокаталитического реактора включает слой катализатора, где на его поверхности протекают изотермические окислительные реакции, при этом температура газов может повышаться с 250 до 500°C. Для использования этой энергии снижения тем самым расхода топлива, подаваемого в горелку для предварительного подогрева очищаемых газов, реактор снабжен трубчатым теплообменником, в котором газы, подаваемые на очистку, подогреваются за счет теплоты отходящих очищенных газов, выходящих из каталитического слоя. Термокаталитические реакторы широко применяют для очистки отходящих газов окрасочных цехов, сушильных камер и т.д. Каталитические нейтрализаторы используют для очистки выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания от оксидов азота, углерода, углеводов.

Трудно провести границу между адсорбционными и каталитическими методами газоочистки, так как такие традиционные адсорбенты, как активированный уголь, цеолиты, служат активными катализаторами для многих химических реакций. Очистку газов на адсорбентах – катализаторах называют адсорбционно-каталитической. Этот прием очистки выхлопных газов весьма перспективен ввиду высокой эффективности очистки от примесей и возможности очищать большие объемы газов, содержащих малые доли примесей (например, 0,1-0,2 в объемных долях SO₂). Но методы утилизации соединений, полученных при катализе, иные, чем в адсорбционных процессах.

Адсорбционно-каталитические методы применяют для очистки промышленных выбросов от диоксида серы, сероводорода и серо-органических соединений.

Катализатором окисления диоксида серы в триоксид сероводорода в серу служат модифицированный добавками активированный уголь и другие углеродные сорбенты. В присутствии паров воды на поверхности угля в результате окисления SO₂ образуется серная кислота, концентрация которой в адсорбенте составляет в зависимости от количества водяного пара при регенерации угля от 15 до 70%.

Окисление H₂S происходит по реакции



Активаторами этой каталитической реакции служат водяной пар и аммиак, добавляемый к очищаемому газу в количестве ~0,2 г/м³. Активность катализатора снижается по мере заполнения его пор серой и когда масса S достигает 70-80% от массы угля, катализатор регенерируют промывкой раствором (NH₄)₂S. Промывной раствор полисульфида аммония разлагают острым паром с получением жидкой серы.

Представляет большой интерес очистка дымовых газов ТЭЦ или других отходящих газов, содержащих SO₂ (концентрацией 1-2% SO₂), во взвешенном слое высокопрочного активного угля с получением в качестве товарного продукта серной кислоты и серы.

Другим примером адсорбционно-каталитического метода может служить очистка газов от сероводорода окислением на активном угле или на цеолитах во взвешенном слое адсорбента-катализатора.

Каталитические методы получают все большее распространение благодаря глубокой очистке газов от токсичных примесей (до 99,9%) при сравнительно невысоких температурах и обычном давлении, а также при весьма малых начальных концентрациях

примесей. Каталитические методы позволяют утилизировать реакционную теплоту, т.е. создавать энерготехнологические системы. Установки каталитической очистки просты в эксплуатации и малогабаритны.

Недостаток многих процессов каталитической очистки – образование новых веществ, которые подлежат удалению из газа другими методами (абсорбция, адсорбция), что усложняет установку и снижает общий экономический эффект.

Термическое дожигание – это процесс окисления вредных веществ кислородом воздуха при высоких температурах (900...1200°C). С помощью термического дожигания окисляют токсичный угарный газ CO до нетоксичного углекислого газа CO₂ ($2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$), углеводороды C_nH_m до углекислого газа и воды. Процесс термического окисления при низкой температуре отходящих газов энергоемок, так как требует использования дополнительного топлива для нагрева газов до высоких температур. Термическое дожигание применяют для очистки отходящих газов от органических веществ, например, паров растворителей и красок в лакокрасочных производствах, очистки выбросов испытательных станций двигателей, работающих на органических горючих.

Термические методы обезвреживания газовых выбросов применимы при высокой концентрации горючих органических загрязнителей или оксида углерода.

Простейший метод – факельное сжигание – возможен, когда концентрация горючих загрязнителей близка к нижнему пределу воспламенения. В этом случае примеси служат топливом, температура процесса 750-900°C и теплоту горения примесей можно утилизировать. Когда концентрация горючих примесей меньше нижнего предела воспламенения, необходимо подводить некоторое количество теплоты извне. Чаще всего теплоту подводят добавкой горючего газа и его сжиганием в очищаемом газе. Горючие газы проходят систему утилизации теплоты и выбрасываются в атмосферу. Такие энерготехнологические схемы применяют при достаточно высоком содержании горючих примесей, иначе возрастает расход добавляемого горючего газа.

Биохимические методы основаны на способности микроорганизмов использовать загрязняющие вещества, содержащиеся в отходящих газах в качестве питательных и энергетических источников.

Реакторы, используемые в настоящее время для этой цели, могут быть подразделены на «мокрые» и «сухие». «Мокрый» реактор, или биоскруббер, работает как реактор с насадкой и противотоком жидкости и загрязненного газа. На поверхности насадки развивается биопленка, представляющая собой микробиоценоз. Загрязняющие компоненты переносятся из воздуха в жидкость, как в любом обычном скруббере, а затем окисляются микрофлорой в биопленке.

Основные преимущества этого процесса следующие:

- эффективность поглощения велика, так как биоокисление снижает концентрацию в жидкости молекул загрязняющего вещества практически до нуля, тем самым усиливая массоперенос из газовой фазы;

- объем жидкой фазы, необходимый для поглощения, резко снижается.

«Сухой» реактор представляет собой реактор с насадкой из биоактивного, сорбирующего материала (например, компост, торф). Загрязненные газы продуваются через слой насадки.

Биологическая очистка отходящих газов от загрязняющих веществ находится еще в зачаточном состоянии. Перспективы развития данного метода чрезвычайно велики. Должна быть оптимизирована не только конструкция реактора, но и должен быть определен или получен генетическими методами состав микробного сообщества, пригодного для окисления широкого спектра субстратов.

Для полноценной очистки газовых выбросов целесообразны комбинированные методы, в которых применяется оптимальное для каждого конкретного случая сочетание

грубой, средней и тонкой очистки газов и паров. На первых стадиях, когда содержание токсичной примеси велико, более подходят абсорбционные методы, а для доочистки – адсорбционные или каталитические.

Наиболее надежным и самым экономичным способом охраны биосферы от вредных газовых выбросов является переход к безотходному производству, или к безотходным технологиям.

2.6. Охрана воздушного бассейна от загрязнения вредными выбросами предприятий угольной промышленности

Охрана воздушного бассейна от загрязнения вредными выбросами предприятий угольной промышленности предполагает проведение работ по следующим направлениям:

- создание нормативной базы для планирования природоохранных мероприятий;
- определение источников загрязнения атмосферы, состава и количества выбросов, уровней загрязнения приземного слоя воздуха в зонах рассеивания выбросов;
- расчет ПДВ вредных веществ в атмосферу каждым источником и предприятием в целом;
- экологизация технологических процессов и оборудования для добычи угля и ведения проходческих работ с минимальными интенсивностями образования вредных веществ, использование которых обеспечит соблюдение санитарных норм загрязнения в приземном слое в окрестности предприятия;
- сокращение количества организованных и неорганизованных источников вредных выбросов;
- очистку отходящих газов до норм ПДВ и пылеподавление на источниках выбросов пыли в атмосферу с помощью газо- и пылеулавливающего оборудования.

Для реализации перечисленных направлений разрабатываются мероприятия, которые по классификации Харченко В.А. и др., могут быть разделены на две группы:

- общего характера, способствующие улучшению состояния воздушного бассейна в районе горного предприятия;
- специальные, непосредственно направленные на предотвращение загрязнения атмосферного воздуха.

В первую группу включены:

- территориально-планировочные мероприятия, предусматривающие размещение объектов горного производства – источников пылегазовыделений с учетом природно-климатических условий местности, прежде всего розы ветров, а также планомерность восстановления земель;
- мероприятия по уменьшению площадей эродируемых техногенных поверхностей посредством оптимизации параметров техногенных образований: открытых горных выработок, отвалов и терриконов, хвостохранилищ, складов минерального сырья и пр.;
- рекультивация нарушенных земель для использования их в народном хозяйстве, обеспечивающая предотвращение ветровой эрозии;
- утилизация отходов горного производства, комплексное использование минеральных ресурсов, способствующие уменьшению как площадей эродируемых поверхностей, так и объемов пылегазовыделений.

Ко второй группе отнесены:

- мероприятия по улучшению качества воздуха непосредственно в зоне горных работ путем предотвращения или снижения пылегазовыделений различными объектами в технологической цепи производства;
- мероприятия по улавливанию, отводу и очистке пылегазовых выделений и выбросов;

– мероприятия межотраслевого характера, например, по улучшению газового баланса отработанных взрывчатых веществ и т.д.

Указанные мероприятия инженерной защиты используются для сокращения вредных выбросов в атмосферу:

- из подземных горных выработок;
- технологического комплекса поверхности шахт.

Они имеют целью как снижение пыли- и газовыделения во время выполнения технологических процессов, так и санитарную очистку выбрасываемых воздушных потоков от вредных примесей до нормативных показателей.

Экологизация технологических процессов (в первую очередь создание замкнутых технологических циклов, без- и малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных загрязняющих веществ) – наиболее радикальная мера охраны воздушного бассейна от загрязнения. Несмотря на преимущества данного направления, нынешний уровень экологизации технологических процессов еще недостаточен для полного предотвращения пылегазовых выбросов в атмосферу. Поэтому повсеместно используются различные локальные методы очистки отходящих потоков загрязненного воздуха от аэрозолей (пыли) и токсических газо- и парообразных примесей (CO, CO₂, SO₂, NO, NO₂ и др.), а устройство очистных сооружений остается все еще одной из основных мер по охране атмосферного воздуха. При очистке происходит выделение примесей в чистом (концентрированном) виде и упорядочение в них молекул или твердых частиц. Такой процесс сопровождается понижением энтропии системы, а следовательно, требует затрат энергии. Поэтому все процессы очистки энергоемки, а ее технические аспекты сложны. Выбор метода очистки и соответствующих ему устройств обусловлен свойствами примеси и характером производства.

Основой предупреждения загрязнения воздушного бассейна вредными примесями, поступающими из шахт, является использование комплекса мер и технических средств борьбы с пылью и газами во всех технологических процессах добычи и первичной обработки полезного ископаемого. При этом особенно надо выделить разработку таких технологических процессов производства, которые бы в максимальной степени имитировали природные процессы, т.е. создание малоотходных технологий производства, позволяющих утилизировать вредные для биосферы вещества, а также оснащение предприятий газо- и пылеулавливающей аппаратурой повышенной эффективности с возможным последующим использованием выбрасываемых веществ.

Наибольшую массу вредных веществ, выделяющихся в атмосферу из подземных горных выработок, составляют метан, оксид углерода, оксиды азота, пыль.

В качестве основных мероприятий по сокращению вредных газообразных выбросов в атмосферу из подземных горных выработок используют следующие:

- предотвращение окислительных процессов угля;
- уменьшение метанообильности угольных шахт и утилизация метана;
- предварительное увлажнение угольного массива;
- уменьшение образования продуктов буровзрывных работ.

2.8. Источники шумового загрязнения атмосферы.

Виды шумов и вибрации при ведении горных работ.

Мероприятия по защите от шума и вибрации

Источники шума разнообразны. Причиной шума в городах могут служить предприятия машиностроения, легкой и строительной промышленности, основным же источником шума является транспорт. Его доля составляет 70-80% от общего фонового шума, передающегося через атмосферу.

На крупных транспортных магистралях уровень шума составляет 85-92 дБ с максимумом звукового давления в диапазоне частот 400-800 Гц.

Уровень уличных шумов определяется интенсивностью, скоростью и характером (составом) транспортного потока. Кроме того, уровень уличных шумов зависит от планировочных решений (продольный и поперечный профиль улиц, высота и плотность застройки) и таких элементов благоустройства, как покрытие проезжей части и наличие зеленых насаждений. Каждый из этих факторов способен изменить уровень транспортного шума до 10 дБ.

В промышленном городе обычен высокий процент грузового транспорта на магистралях. Увеличение в общем потоке автотранспорта грузовых автомобилей, особенно большегрузных с дизельными двигателями, приводит к росту уровней шума. В целом грузовые и легковые автомобили создают на территории городов тяжелый шумовой режим. Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примагистральную территорию, но и в глубь жилой застройки.

Таблица 2. Шкала оценки процесса шумового загрязнения городских земель

Уровень шума, дБ	Степень шумового загрязнения
≤34	зашумление комфортное
35-50	нормальное
51-60	среднее
61-70	сильное
>70	чрезвычайное

За точку отсчета наличия процесса зашумления принято критическое значение уровня звука в помещениях выше 24дБ, а на территории города – выше 34дБ. Жилые помещения, уровень звука в которых превышает 70 дБ в дневное время и 55 дБ – в ночное, считаются аварийными, а их эксплуатация – недопустимой.

Жилые помещения, особенно расположенные в многоэтажных домах, имеют большое число «внутренних» источников шума: работающие лифты, вентиляторы, насосы, телевизоры, магнитофоны могут создавать шум интенсивностью от 70 до 95 дБ. Громкий разговор по телефону является источником акустического воздействия интенсивностью до 70 дБ.

Для защиты людей от вредного влияния шума необходимо регламентировать его интенсивность, спектральный состав, время действия и другие параметры.

При гигиеническом нормировании в качестве допустимого устанавливается такой уровень шума, действие которого в течение длительного времени не вызывает изменений во всем комплексе физиологических показателей, отражающих реакции наиболее чувствительных к шуму систем организма.

Снижение городского шума может быть достигнуто, в первую очередь, за счет уменьшения шумности транспортных средств.

Практикуется два метода ослабления шумового воздействия на среду обитания:

а) снижение скорости движения транспортных средств, улучшение регулировки уличного потока, запрещение движения для отдельных видов автомобилей по определенным трассами в определенное время суток, улучшение звукоизоляции зданий и сооружение противозумовых экранов вдоль скоростных автотрасс;

б) совершенствование ходовой и моторной частей транспортных средств.

Меры по защите от акустического загрязнения среды и вибрации могут быть подразделены на те, которые связаны со снижением шума в самом источнике, и те, которые обеспечиваются использованием определенных архитектурно-планировочных решений и специальных звукопоглощающих материалов при строительстве.

В целях борьбы с производственными шумами должны осуществляться: внедрение малозумных технологических процессов; улучшение конструкций транспортных средств

и их эксплуатации, а также содержания железнодорожных и трамвайных путей, автомобильных дорог, уличных покрытий; размещение аэродромов и аэропортов на необходимом расстоянии от населенных пунктов и районов жилой застройки; улучшение планировки и застройки городов.

Снижают уровень шума полосы зеленых насаждений между проезжей частью магистрали и жилой застройкой.

Для акустического комфорта жилых районов устраивается шумозащитное озеленение.

Акустический эффект снижения уровня шума зависит в основном от конструкции и ширины зеленой полосы и ее дендрологического состава. Наиболее эффективной формой поперечного сечения шумозащитной полосы является форма треугольника с пологой стороной, обращенной к источнику шума.

Для снижения уровней шума на 15-18 дБ рекомендуется сочетать двух- и трехрядные зеленые полосы с экранирующими барьерами. Значительный эффект достигается при замкнутом типе застройки. Наиболее целесообразна свободная застройка, защищенная со стороны улицы зелеными насаждениями и экранирующими зданиями временного пребывания людей (магазины, столовые, рестораны, ателье и др.) Расположение магистрали на насыпи или в выемке также снижает уровень шума на близ расположенной территории.

При разработке проектов детальной планировки и застройки автомагистралей защитный эффект может быть достигнут с помощью зонирования. В зоне, непосредственно примыкающей к магистрали, следует располагать невысокие здания нежилого назначения, в следующей зоне – малоэтажную жилую застройку, далее жилую застройку повышенной этажности и в наиболее удаленной от магистрали зоне – детские учреждения, школы, поликлиники, больницы и др.

Защита от шума достигается специальной планировкой домов с ориентацией окон спален и большинства общих комнат в сторону дворового пространства.

Защита от внутридомового шума связана с использованием звукопоглощающих материалов, звуконепроницаемых окон и четкой работой коммунальных служб, обеспечивающих исправную работу оборудования.

Граждане обязаны соблюдать требования, установленные в целях борьбы с бытовым шумом в квартирах, а также во дворах жилых домов, на улицах, в местах отдыха.

При реконструкции городов одним из важнейших мероприятий по улучшению экологической обстановки является вынос аэропорта за пределы города, перевод на специальные автодороги грузового и транзитного автотранспорта.

Аэропорты следует выносить за пределы города, используя специальное акустическое озеленение их окрестностей и рациональную планировку самого аэропорта.

Предельные значения шума на рабочих местах регламентирует ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-86, в которых даны предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот.

В условиях шахт и рудников шум мешает вовремя распознать звуки, предшествующие обвалу кровли, горным ударам, выбросу угля, пород и газа. Шум заглушает сигналы при работе машин и механизмов, мешает правильно воспринимать их, что снижает безопасность работ. Уровень громкости шума, не вызывающий вредных воздействий, называется нормальным пределом громкости. Для частоты 1000 Гц он соответствует 75-80 дБ. Для помещений, требующих речевой связи (нарядные, диспетчерские) допустимый уровень шума при частоте 1000 Гц равен 50 дБ. Воздействие шума уровнем выше 75 дБ может привести к потере слуха. При воздействии шума высоких уровней (около 180 дБ) может быть разрыв барабанных перепонки, контузия, а при дальнейшем увеличении (более 190 дБ) возможен летальный исход.

По своей природе шумы разделяются на механические (динамические процессы, деформации машин и механизмов), аэродинамические (пульсации давления в газах,

жидкостях) и магнитные (силы, возникающие между статором и ротором электрических машин). На горных предприятиях практически все технологические процессы, также многие машины и механизмы являются источником шума. Причем уровень шума у некоторого оборудования превышает предельно допустимые уровни, что может быть причиной профессиональных заболеваний. Так, на расстоянии 2 м от бурильного молотка уровень звукового давления составляет 120 дБ, а от бурового станка СБШ-200 равен 96дБ. Способы борьбы с шумом могут быть коллективными и индивидуальными.

Коллективные способы защиты включают:

- уменьшение шума в источнике;
- звукоизоляция;
- звукопоглощение;
- архитектурно-планировочные решения;
- специальные глушители.

Средства индивидуальной защиты включают беруши, наушники, шлемы.

Снижение шума в источнике достигается улучшением конструкций машин, заменой металлических деталей на пластмассовые, заменой зубчатых передач на ременные, нанесением смазки, заменой ударных технологических процессов безударными. Для звукоизоляции используют ограждения, кабины, кожухи, акустические экраны, устанавливаемые между источником и приемником шума. В районе источника шум может увеличиваться за счет отражения от строительных конструкций и оборудования. Звукопоглощение производится с помощью пористых материалов и резонансных поглотителей. Звуковые волны, падающие на пористый материал, вызывают колебания воздуха в порах и скелета, что приводит к переходу звуковой энергии в тепловую. В качестве звукопоглощающих покрытий используют органические и минеральные волокна, пенопласт и др. Резонансные поглотители имеют воздушную полость, соединенную отверстием с окружающей средой. Отраженная в полости волна гасит падающие волны. Резонансным поглотителем является также перфорированный экран с отверстиями, затянутыми тканью или мелкой сеткой. Для звукопоглощения используют и штучные поглотители – объемные тела в виде конуса, куба и других форм, подвешенные к потолку

Шум и вибрация сопровождают многие технологические процессы в угольных шахтах. Основными источниками шума в шахтах являются различные машины и механизмы (врубные машины, комбайны, закладочные машины, вентиляторы, насосы и др.), ручные механизированные инструменты (отбойные молотки, пневматические и электрические перфораторы), подземный транспорт (рельсовый транспорт, конвейеры). Современные угольные комбайны при рабочей нагрузке генерируют шум интенсивностью 100-105 дБА и более. По спектральному составу шум широкополосный с максимумом энергии в диапазоне средних и высоких частот (500-2000 Гц). При работе отбойных молотков шум составляет 90-95 дБА с преобладанием частот от 50 до 2300 Гц. Шум от перфоратора может достигать 115 дБА и выше. При работе гидромониторов зарегистрированы уровни шума свыше 125 дБА. Таким образом, шум шахтных механизмов превышает предельно допустимые уровни для производственных шумов на 10-20 дБА и более.

Источниками вибрации при угледобыче являются пневматические отбойные молотки, электрические и пневматические перфораторы, гидромониторы. Перечисленные механизмы генерируют так называемую местную вибрацию, передающуюся главным образом на руки работающих. Их параметры, как правило, значительно превышают допустимые санитарными нормами уровни вибрационной скорости в широком диапазоне частот. Работа с отбойными молотками связана с действием отдачи – обратного удара, частота этих ударов соответствует основной скорости колебания инструментов (25-30 Гц), амплитуда отдачи зависит от силы нажима (чем больше сила нажима, тем меньше амплитуда отдачи). Именно с действием отдачи инструментов связаны поражения опорно-

двигательного аппарата у шахтеров. Работа на угольных комбайнах, рудничном рельсовом транспорте связана с воздействием общих вибраций низких и средних частот. Их параметры нередко превышают допустимые уровни. На электровозах наблюдаются сложно компонентные колебания, преимущественно с частотами 4,5-6 Гц, амплитуда 0,7-1 мм. Максимальные же величины колебаний достигают 3,25 мм при частоте около 15 Гц. Наиболее выражена горизонтальная компонента колебаний.

Параметры производственной вибрации регламентирует ГОСТ 12.1.012-90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» и санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ. К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся массовые взрывы?
2. К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся буровые станки? К какому виду источников загрязнения атмосферы относятся выемочно-погрузочные работы?
3. Какие вредные выбросы в атмосферу разреза происходят во время взрыва?
4. Меры по снижению пылегазовых выбросов при взрывных работах.
5. Назовите предельно допустимые концентрации для основных видов загрязнителей атмосферного воздуха.
6. Методы очистки газов от аэрозолей и газообразных примесей.
7. Мероприятия по защите от шума и вибрации при ведении горных работ.