


МИНИСТЕРСТВО ТОПЛИВА И ЭНЕРГЕТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

 Национальный научный центр горного производства-  
Институт горного дела им. А. А. Скочинского

# МЕТОДИКА

расчеты вредных выбросов (сбросов) для  
комплекса оборудования открытых горных работ  
(на основе удельных показателей)

Людерец 1999 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящий документ:

разработан с целью создания единой методологической основы по определению выбросов вредных веществ при работе различного оборудования открытых горных разработок;

устанавливает порядок определения массы вредных веществ для комплекса оборудования открытых горных работ расчетным методом на основе удельных показателей выдежения;

распространяется на источники выбросов вредных веществ в атмосферу и водосмы от комплекса оборудования открытых горных работ на всю горнорудную промышленность;

применяется предприятиями и территориальными комитетами по охране природы, специализированными организациями, проводящими работы по нормированию выбросов и контролю за соблюдением установленных нормативов ПДВ.

Полученные по настоящему документу результаты используются при учете и нормировании выбросов вредных веществ от комплекса оборудования открытых горных работ, а также в экспертных оценках для определения экологических характеристик оборудования.

## 1 ССЫЛКИ НА НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ.

Методика разработана в соответствии со следующими нормативными документами:

- 1.1. Закон Российской Федерации об охране окружающей природной среды, 1991 г.
- 1.2. ГОСТ 17.2.1.01-76 Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу.
- 1.3. ГОСТ 17.2.1.04-77 с Изм.1. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения.
- 1.4. ГОСТ 17.2.4.02-81 Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.
- 1.5. ГОСТ 17.2.3.02-78 Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
- 1.6. ГОСТ 24585-81 Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения.
- 1.7. ГОСТ 17.1.1.01-77 (СТ СЭВ 3544-82) Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения.
- 1.8. ГОСТ 17.1.3.13-86 (СТ СЭВ 4468-84) Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений.

## 2. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей работе приводятся термины и определения в области экологии и охраны окружающей среды (табл.2.1).

При составлении таблицы использовались ГОСТ 17.2.1.-04-77; ГОСТ 17.2.1.02-76; ГОСТ 25150-82, ОСТ 11091.630.6-81.

Таблица 2.1

Термин	Определение	Пояснения и примечания
1	2	3
Валовое выделение вредного вещества, количество отходящего вредного вещества	Масса вредного вещества, отходящего от источника выделения за определенный (отчетный) период времени	Количество отходящего вредного вещества определяется без учета степени очистки независимо от того, каким способом и какая часть его попадает в атмосферу; собирается ли отходящий газ в систему газоотводов, направляется ли на установку очистки (газопылеулавливающую) или поступает непосредственно в атмосферу [1]
Валовый выброс вредного вещества	Часть валового выделения вредного вещества, поступающего в атмосферу за отчетный период времени	
Вредное вещество (загрязняющее вещество)	Вещество, присутствие которого в атмосфере (воде, земле) оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую среду и здоровье человека	Термин "вредное вещество" определяется "Инструкцией о порядке составления отчетов об охране воздушного бассейна". В ГОСТ 17.2.1.04-77 в этом значении употребляется термин "загрязняющее вещество"
Вскрышные породы	Горные породы, покрывающие и вмещающие полезное ископаемое, подлежащее выемке и перемещению как отвальный грунт в процессе открытых горных работ	

Продолжение табл.2.1.

1	2	3
Загрязнение атмосферы	Изменение состава атмосферы в результате наличия в ней примесей	
Источник выброса вредных веществ	Источником выброса вредных веществ называется специальное устройство: труба, аэрационный фонарь, вентиляционная шахта и т.п., посредством которых осуществляется выброс этих веществ в атмосферу	Это определение, данное в "Инструкции о порядке составления отчетов об охране воздушного бассейна", отличается от данного там же определения "организованного источника выделения" тем, что под источником выделения понимается сам производственный объект в действии, а под "источником выбросов" - устройство, задающее скорость и место выбросов вредных веществ от этого объекта [1]
Источник загрязнения вод	Источник, вносящий в поверхностные или подземные воды загрязняющие воду вещества, микроорганизмы или тепло	
Источник выделения вредных веществ (источник выделения)	Технологическое оборудование (установки, агрегаты, устройства, гальванические ванны, испытательные стенды и др.) или технологические процессы (перемещение сыпучих материалов, перелавы летучих веществ, сварочные, окрасочные работы и др.), от которых в ходе производственного цикла отторгаются вредные вещества, а также места хранения сыпучих или	Выбросы вредных веществ в зависимости от источника выделения также делятся на организованные и неорганизованные [1]

Продолжение табл.2.1

1	2	3
	жидких веществ, карьеры, отвалы, места складирования промышленных отходов, от которых под воздействием метеорологических факторов отторгаются вредные вещества. Источники выделения в зависимости от того, оснащены ли они специальными газоотводящими сооружениями (устройствами), подразделяются на организованные и неорганизованные	
Количественный анализ вещества	Установление количественных соотношений составных частей данного химического соединения или смеси веществ в исследуемом продукте	
Количество уловленного вредного вещества	Часть отходящего вредного вещества, извлеченная из отходящего газа (вентиляционного воздуха) при его прохождении через газопылеулавливающую установку. Часть содержащегося в вентиляционном воздухе аэрозоля, который осаждается в воздуховодах, учитывается при расчетах как уловленное вредное вещество	Часть уловленного вредного вещества, используемая в производстве продукции (в статотчетности об охране атмосферного воздуха не учитывается [1])

Продолжение табл.2.1.

1	2	3
Концентрация вредного вещества: 1) для атмосферы		
массовая	Масса вредного вещества, содержащегося в единице объема газа или воздуха, приведенная к стандартным условиям	
объемная	Число объемов вредного вещества, содержащегося в 100 объемах анализируемого газа	
2) для сточных вод		
объемная	Число граммов или миллиграммов вредного вещества, содержащегося в 1 м <sup>3</sup> или 1 л воды	
массовая	Число граммов вредного вещества в 100 г воды. Показатель измеряется в процентах	
молярная	Число молей вредного вещества, содержащегося в 1 л воды	
нормальная	Число миллиграммов или грамм-эквивалентов вещества, содержащегося в 1 л воды	
Неорганизованный выброс вредного вещества (неорганизованный выброс)	Выброс вредного вещества от неорганизованного источника выделения	Это определение в "Инструкции о порядке составления отчетов об охране воздушного бассейна" осуществляет связь между понятием "неоргани-

Продолжение табл.2.1.

1	2	3
		зованный источник выделения" и определяемой величиной выброса вредного вещества, так как определение "неорганизованного источника выброса" отсутствует. При теоретических расчетах полей концентраций вредных веществ и норм ПДВ эта неопределенность дает возможность представления одиночных неорганизованных источников выделения и их групп наиболее удобным образом в качестве источника неорганизованного выброса [1]
Неорганизованный источник выделения вредных веществ (неорганизованный источник)	Источник выделения, от которого вредные вещества, не проходя устройства, дополнительно задающих скорость и место выброса, поступают непосредственно в атмосферу в том случае, если источник находится вне помещения или через оконные и дверные проемы помещений, не оборудованных системой вентиляции (такими источниками могут быть как собственно технологические процессы, операции, оборудование, места хранения сыпучих и жидких веществ, так и нарушения герметичности оборудования, снабженного системой газоотводов, и нарушения герметичности самих газоотводов)	Для расчетов поля концентраций вредных веществ и норм ПДВ источники подразделяются на точечные, линейные, площадные. Эта классификация позволяет определить: необходимую для расчетной схемы локализацию источников и конфигурацию поверхности раздела между производственным объектом и атмосферой. Данная поверхность раздела условно принимается за источник выброса, от которого поток вредных веществ поступает в атмосферу

Продолжение табл.2.1.

1	2	3
Отработавшие газы двигателя автомобиля	Смесь газов с примесью взвешенных частиц, удаляемая из цилиндров или камер сгорания двигателя автомобиля	
Охрана вод	Система мер, направленных на предотвращение, устранение последствий загрязнений, засорения и истощения вод	
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредного вещества	Максимальная концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, промышленной площадки, атмосферном воздухе, которая при ежедневном воздействии на организм человека в течение длительного времени не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследования, а также не нарушает биологического оптимума для человека	
Предельно допустимый выброс (ПДВ) вредного вещества	Научно-технический норматив, устанавливаемый из условий, чтобы содержание вредных веществ в приземном слое воздуха от источника или их совокупности не превышало норматив качества воздуха для населения, животного и растительного миров	

Продолжение табл.2.1.

1	2	3
Предельно-допустимый сброс (ПДС) вещества в водный объект	Масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте	
Промышленный источник вредных веществ	Промышленное предприятие, агрегат, место разгрузки, выгрузки, хранения продукта и т.д.	
Пробеговый выброс	Показатель, характеризующий количество вещества, поступившего в атмосферу из системы выпуска двигателя автомобиля, мотоцикла, мотороллера, мопеда, мотовелосипеда, отнесенное к единице пройденного пути	
Степень очистки отходящего газа, степень улавливания вредного вещества	Отношение массы уловленного вредного вещества к общей массе отходящего вредного вещества, выражается обычно в процентах	При определении степени очистки не учитывается масса извлекаемого из отходящего газа вредного вещества, которая расходуется на производственные цели [1]
Сточные воды: загрязненные	Воды, отводимые после использования в бытовой и производственной деятельности человека  Воды, состав и свойства которых не позволяют использовать их для различных нужд или сбрасывать в водные объекты без предварительной обработки	

Продолжение табл.2.1.

1	2	3
недостаточно очищенные	Воды, не обладающие требуемыми свойствами и составом после проведения специальной обработки	
нормативно-очищенные сточные воды	Воды, которые получают после специальной обработки и могут быть использованы для различных нужд или сброшены в водные объекты без отрицательного влияния на их состояние	
нормативно-чистые сточные воды	Воды, не требующие очистки, которые не загрязнены и могут быть использованы для различных нужд или сброшены в водные объекты без проведения специальной обработки	
Технологический выброс	Количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу основным производством предприятия	
Удельное количество выделяющегося вредного вещества, удельное выделение вредного вещества (удельное выделение)	Определенная расчетным или инструментальным методом масса загрязняющего вещества, выделяющегося в ходе технологического процесса, при переработке единичного количества сырья	

Окончание табл. 2.1.

1	2	3
Уловленное вредное вещество	Загрязняющее или обезвреженное вещество, извлеченное при очистке из отходящего от промышленного источника газового потока	
Установка очистки газа (газоочистная, пылеулавливающая, газопылеулавливающая установка)	Комплекс сооружений, оборудования или аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающего из промышленного источника газа или превращения в безвредное состояние веществ, загрязняющих атмосферу	Данный термин и определение приняты в соответствии с методическими указаниями [2]

### 3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ.

Разработка месторождения полезных ископаемых открытым способом оказывает негативное влияние на все важнейшие компоненты, составляющие среду обитания человека: атмосферу, гидросферу, литосферу. Влияние это неоднозначно и зависит от множества факторов. Основными источниками пыли - и газообразования являются: буровые станки, взрывы, экскаваторы, автосамосвалы, локомотивосоставы, бульдозеры, конвейеры, отвалообразователи, дробильные и сортировочные установки, автодороги, отвалы внутренние и внешние.

#### 3.1. Бурение.

Буровые работы оказывают негативное влияние на окружающую среду главным образом за счет запыления атмосферного воздуха. Незначителен ущерб от загрязнения грунтовых (подземных) вод, что объясняется естественным понижением уровня грунтовых вод при ведении открытых горных работ.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляет выделение в атмосферу мелкодисперсной пыли, образующейся в процессе бурения. При бурении скважин станками шарошечного бурения с очисткой сжатым воздухом количество образовавшейся мелкодисперсной пыли достигает сотен килограмм. Для наиболее типичных условий бурения вскрышных пород доля частиц с линейными размерами менее 0,05 мм составляет в среднем 12-15% от общей массы образующихся продуктов разрушения. Без применения пылеподавляющих и пылеулавливающих устройств при бурении скважин  $\Phi$  320 мм, при сетке скважин 8x8м, объем запыленного воздушного пространства приходящийся на каждый куб.метр подготовленной к взрыву породы составит  $8000 \pm 10\ 000\ \text{м}^3$  (при этом концентрация пыли в воздухе составляет  $50\ \text{мг}/\text{м}^3$ ) [3].

Применяемые в настоящее время на буровых станках системы сухого пылеулавливания обладают одним существенным недостатком: уловленная и аккумулированная в специальных емкостях пыль периодически сбрасывается на поверхность блока. В последующем она может быть поднята в атмосферу сильным ветром или взрывными работами. Другой распространенный способ бурения - с помощью режущих долот, применяется при бурении, главным образом, мягких пород и угля. Разрушение здесь протекает при относительно небольших нагрузках и происходит за счет скалывающих и сминающих воздействий на породу. При этом доля мелкодисперсных частиц в 2,5-3,0 раза меньше, чем при шарошечном способе бурения. Такой способ бурения не приводит к столь значительному выбросу пыли, как шарошечный, поэтому шнековые станки не оснащаются пылеулавливающими устройствами.

#### 3.2. Взрывание.

Массовый взрыв на разрезе (карьере) является мощным периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и газов. В настоящее время заряд массового взрыва достигает 800-1200 т, а количество взорванной горной массы за один взрыв достигает 6 млн.т. По данным замеров установлено, что удельное количество пыли изменяется в диапазоне 30-160  $\text{г}/\text{м}^3$  [4], в зависимости от рецептуры ВВ и свойств взрывааемых пород. Установлено также, что с увеличением крепости пород удельное количество пыли на единицу объема горной массы возрастает, а так как с ростом глубины разработки увеличивается крепость разрабатываемых пород, то, следовательно, будет расти и запыленность.

Вредные примеси выделяются в атмосферу в виде пылегазового облака. Часть вредных газов (около одной трети) остается во взорванной горной массе и затем выделяется в атмосферу, загрязняя район взорванного блока и прилегающие к нему участки. Выделившаяся пыль, выпадая из пылегазового облака, оседает на уступах, на площадях около разреза (карьера) и в близлежащих поселках, являясь в дальнейшем источником пылевыведения, а также при атмосферных осадках образует так называемые дождевые сточные воды. Растворение взрывчатых веществ, применяемых при взрывных работах на разрезах, приводит к увеличению концентрации  $\text{NO}_x$  в производственных водах.

#### 3.3. Погрузочно-разгрузочные работы.

Погрузочно-разгрузочные работы сопровождаются значительным выделением пыли. Максимальное количество пыли выделяется при работе экскаваторов, несколько меньше - при работе бульдозеров.

Концентрация пыли при выемочно-погрузочных работах, также как и при буровзрывных, зависит от крепости и естественной влажности горных пород.

Результаты замеров концентрации пыли в кабине машиниста и в забое на рудных карьерах [5] показали, что часто она одинакова зимой и летом или выше в период отрицательных температур. Это связано как с отсутствием средств гидрообеспыливания, так и за счет большей ветровой активности в зимний период. На увеличение запыленности зимой влияет также частое осыпание смерзшихся кусков породы с верхней части забоя.

#### 3.4. Транспортирование.

Негативное воздействие на окружающую среду существующих видов транспорта проявляется в виде отчуждения территорий при сооружении транспортных коммуникаций, загрязнения воды подвижным составом и



обслуживающим хозяйством, загрязнения атмосферы пытью в результате сдувания ее с поверхности транспортируемого материала. Автомобильный транспорт, помимо этого загрязняет атмосферу при движении в результате взаимодействия автомобильных колес с поверхностью дороги. Интенсивность пылеобразования зависит от скорости движения, грузоподъемности автомашин, а также от состояния дороги, материала верхнего покрытия. Запыленность воздуха в зоне автодороги может достигать десятков и сотен миллиграмм на 1 м<sup>3</sup>.

При работе автомобильного и железнодорожного (тепловозы) транспорта загрязнение атмосферы карьера происходит также за счет выброса вредных веществ при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания. При этом в атмосферу с отработавшими газами поступают аэрозольные и газообразные компоненты. Наиболее опасными из газообразных выбросов дизельных двигателей являются нормируемые вредные вещества: оксиды азота NO<sub>x</sub> - сумма NO и NO<sub>2</sub> в пересчете на NO<sub>2</sub>; оксид углерода (II) - CO; углеводороды CH - пары несгоревшего топлива и смазочного масла в пересчете на CH<sub>1,85</sub>; частицы - твердый фильтрат (углерод) С и аэрозоли несгоревшего топлива и смазочного масла. К не нормируемым вредным веществам относятся: оксиды серы SO<sub>x</sub> - сумма SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub> в пересчете на SO<sub>2</sub>.

При использовании конвейерного транспорта на карьерах появляются новые источники выделения пыли: дробильные и грохотильные установки, запыленность воздуха при работе которых достигает сотен миллиграмм на 1 м<sup>3</sup>.

### 3.5. Отвалообразование.

Выброс вредных веществ (пыли) при отвалообразовании вскрышных пород осуществляется, независимо от способов отвалообразования, точечными, линейными и плоскостными источниками. Точечные источники - экскаваторы, бульдозеры. При их работе выделяется значительное количество пыли, причем при экскаваторном способе отвалообразования запыленность воздуха выше, чем при бульдозерном. Линейные источники - конвейеры, железнодорожные составы, автодороги.

Общим для всех способов отвалообразования является образование больших незакрепленных поверхностей (плоскостных источников), которые при неблагоприятных условиях приводят к интенсивному пылеобразованию, зависящему от вида материала, гранулометрического состава, метеорологических условий.

## 4. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ (ПЫЛИ) ПРИ БУРОВЫХ РАБОТАХ.

### 4.1. Масса пыли, выделяющейся при бурении скважин

$$m_{пб} = \sum_{i=1}^n Q_{oni} \cdot q_i \cdot T_i \cdot K_2 \cdot 10^{-3} \quad , \text{ т/год} \quad (4.1)$$

где Q<sub>oni</sub> - объемная производительность i-го станка по выбуриванию породы из скважины, м<sup>3</sup>/ч; q<sub>i</sub> - удельное пылевыделение с 1 м<sup>3</sup> выбуренной породы i-м станком, кг/м<sup>3</sup> (табл.4.1, 4.2); T<sub>i</sub> - чистое время работы бурового станка в год, ч/год; n - общее число работающих станков на разрезе; K<sub>2</sub> - коэффициент, учитывающий влажность материала (стр.25).

Величина Q<sub>oni</sub> для любого типа станков может быть получена из показателей технической (линейной) производительности по формуле

$$Q_{онi} = Q_{лп} \frac{\pi d^2}{4} \approx 0,785 Q_{лп} d^2 \quad , \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.2)$$

где Q<sub>лп</sub> - техническая производительность станка, м/ч; d - диаметр скважины, м.

Величина Q<sub>лп</sub>, в свою очередь, может быть получена из отчетных фактических данных, либо расчетным путем, исходя из данных по скорости бурения и времени вспомогательных операций по формуле

$$Q_{лп} = 60 / (t_0 + t_n) = 60 / (60/v_б + t_n) \quad , \text{ м/ч} \quad (4.3)$$

где t<sub>0</sub> - время бурения 1 м скважины, мин/м; t<sub>n</sub> - удельное время вспомогательных операций при бурении, мин/м; v<sub>б</sub> - скорость бурения, м/ч.

### 4.2. Для группы однотипных станков, работающих в одинаковых условиях эксплуатации

$$m_{пб} = Q_{онi} \cdot q_i \cdot T_i \cdot n_{ст} \cdot 10^{-3} \quad , \text{ т/год} \quad (4.4)$$

где n<sub>ст</sub> - общее количество однотипных станков.

### 4.3. Максимальный из разовых выброс вредных веществ при бурении скважин

$$m_{бпр} = Q_{онi} \cdot q_i / 3,6 \quad , \text{ г/с} \quad (4.5)$$

Удельное пылевыведение при работе буровых станков

Типы станков	Средняя объемная производительность, м <sup>3</sup> /ч, при крепости пород по шкале проф. М.М.Протогьяконова				Средства подавления или улавливания пыли	Удельное пылевыведение, кг/м <sup>3</sup> пород рудных месторождений			
	Изнест-няки, углистые сланцы, конгломераты					Алевроли-ты, аргиллиты, слабосце-ментиро-ваные известняки			
	f=2-4	f=4-6	f=6-8	f=8-10		f=2-4	f=4-6	f=6-8	f=8-10
СБШ-200	1,41	1,21	0,98	0,83	ВВП*	0,6	0,9	1,4	2,4
					УСП*	0,8	1,3	2,0	3,4
					БСП*	20,0	32,0	49,5	84,5
СБШ-250	2,02	1,80	1,50	1,29	ВВП	0,5	0,7	1,1	1,9
					УСП	0,6	0,9	1,3	2,4
					БСП	18,0	23,5	35,5	61,0
СБШ-320	3,61	3,16	2,65	2,29	ВВП	0,6	0,9	1,4	2,4
					УСП	0,7	1,2	1,8	3,1
					БСП	15,0	29,0	44,5	77,5

\* ВВП - водо-воздушное пылеподавление; УСП - сухое пылеулавливание;  
БСП - без средств пылеподавления, недопустимый или аварийный режим работы станка.

Таблица 4.2

Удельное пылевыведение при работе буровых станков

Типы станков	Средняя объемная производительность, м <sup>3</sup> /ч, при крепости пород по шкале проф. М.М.Протогьяконова				Средства подавления или улавливания пыли	Удельное пылевыведение, кг/м <sup>3</sup> пород рудных месторождений					
	Слан-цы					Бесруд-ные ро-товки					
	f=4-6	f=6-8	f=8-10	f=10-12		f=12-14	f=4-6	f=6-8	f=8-10	f=10-12	f=12-14
СБШ-200	1,21	0,98	0,83	0,63	0,44	ВВП*	0,9	1,9	2,4	3,7	4,2
						УСП*	1,3	2,6	3,3	5,2	5,9
						БСП*	32,3	64,6	83,1	129,2	147,6
СБШ-250	1,80	1,50	1,29	0,98	0,70	ВВП	0,8	1,5	1,9	3,0	3,5
						УСП	1,0	1,9	2,5	3,9	4,4
						БСП	24,1	48,3	62,5	96,5	110,4
СБШ-320	3,16	2,65	2,29	1,78	1,24	ВВП	0,9	1,9	2,4	3,7	4,2
						УСП	1,2	2,3	3,0	4,7	5,3
						БСП	29,3	58,5	75,3	117,1	133,8

\* ВВП - водо-воздушное пылеподавление; УСП - сухое пылеулавливание;  
БСП - без средств пылеподавления, недопустимый или аварийный режим работы станка.

## 5. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ.

Основными вредными газами взрыва промышленных ВВ являются оксид углерода CO и оксиды азота NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>). Загрязнение окружающей среды происходит за счет выделенных вредных газов и пыли из пылегазового облака (ПГО) и газов из взорванной горной массы (ГМ).

Для определения количества загрязняющих веществ, выделяющихся при производстве взрывных работ на открытых разработках, наиболее масштабные исследования в промышленных условиях были проведены под руководством П.В.Бересневича (ВНИИБТГ). Исследования проводились на карьерах черной и цветной металлургии и относятся к породам, коэффициент крепости которых по М.М.Протодяконову изменяется в интервале 6-20. Породы угольных разрезов имеют крепость в интервале 1-10.

Полученные П.В.Бересневичем и его сотрудниками результаты содержания вредных веществ в ПГО и взорванной горной массе в зависимости от крепости пород, после взрыва граммонита 79/21, граммонита 50/50 и гранулолола подтверждаются данными, полученными в лабораторных и полигонных условиях другими авторами [6,7,8,9].

Близость результатов лабораторных испытаний тротила в бомбе Долгова, расчетных величин и замеров вредных веществ, полученных при промышленных взрывах, позволяет использовать их для оценки новых типов ВВ, а также прогнозировать выделение вредных веществ при взрывных работах на разрезах.

На основании изложенного построены зависимости выделения вредных веществ с ПГО при производстве взрывов от крепости пород (f=6-20), проведена экстраполяция до крепости f=4-2 и установлены удельные значения выделения вредных веществ при разработке пород угольных разрезов.

5.1. Масса вредных газов (оксид углерода, оксиды азота), выбрасываемых с пылегазовым облаком (ПГО) [10].

$$m_{г1} = \sum_{i=1}^j q_{удi} \cdot K \cdot A \cdot 10^{-6} \quad , \text{ т} \quad (5.1)$$

где K - переводной коэффициент, зависящий от определяемого вредного газа (для CO:K = 1,25 г/л, для NO<sub>x</sub>:K = 1,4 г/л); q<sub>удi</sub> - удельное содержание вредных газов в ПГО при взрыве 1 кг взрывчатых веществ (ВВ) л/кг (табл.5.1.); A - количество взрываемого ВВ, кг.

5.2. Масса вредных газов, оставшихся во взорванной горной массе (ГМ) и постепенно выделяющаяся в атмосферу

$$m_{г2} = \sum_{i=1}^j C_{гmi} Q_{гm} (K_p - 1) \cdot 10^{-9} \quad , \text{ т} \quad (5.2)$$

где C<sub>гmi</sub> - концентрация вредного газа во взорванной горной массе, мг/м<sup>3</sup>; Q<sub>гm</sub> - объем взорванной горной массы, м<sup>3</sup>.

$$C_{гmi} = q_{гmi} \cdot K \cdot A \cdot 10^3 / Q_{гm} (K_p - 1) \quad , \text{ мг/м}^3 \quad (5.3)$$

где q<sub>гmi</sub> - удельное содержание вредных газов в отбитой горной массе (ГМ) в зависимости от крепости пород и рецептуры ВВ, л/кг (табл.5.1); K<sub>p</sub> - коэффициент разрыхления горной массы (отношение породы в разрыхленном виде к ее объему в массиве).

Продолжительность выделения в атмосферу вредных веществ до уровня ПДК оценивается в конкретных условиях эксплуатации.

5.3. Расчет общей массы вредных газов, выделившихся при взрыве (по условной CO)

$$M_{г} = m_{г1CO} + m_{г2CO} + (m_{г1NOx} + m_{г2NOx}) \cdot 6,5 \quad , \text{ т} \quad (5.4)$$

где 6,5 - переводной коэффициент к CO.

5.4. Масса твердых частиц (пыли), выбрасываемых с ПГО

$$m_{п} = q_{п} K_2 Q_{гm} \cdot 10^{-3} \quad , \text{ т} \quad (5.5)$$

где q<sub>п</sub> - удельное пылевыведение из 1 м<sup>3</sup> горной массы в зависимости от крепости пород и рецептуры ВВ: для эмульсионных ВВ при f=5-6 q<sub>п</sub> = 0,02 кг/м<sup>3</sup>; для ВВ не содержащих воды:

крепость пород (f)	2-4	4-6	8-10	12-14
удельное пылевыведение (q <sub>п</sub> , кг/м <sup>3</sup> )	0,03	0,04	0,06-0,08	0,09-0,11

Таблица 5.1

Содержание вредных веществ в пылегазовом облаке (ПГО) и взорванной горной массе (ГМ) при различных коэффициентах крепости пород, л/кг

Взрывчатые вещества	Коэффициент крепости	Вредные вещества						
		ПГО (g <sub>п</sub> )		ГМ (g <sub>гм</sub> )		В с е г о		
		СО	NO <sub>x</sub>	СО	NO <sub>x</sub>	СО	NO <sub>x</sub>	СО <sub>ус</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Граммонит 79/21	14-16	11,0	1,8	4,5	0,74	15,5	2,54	32,0
	13-15	9,4	2,4	3,6	0,93	13,0	3,33	34,6
	12-13	8,7	2,4	3,5	1,08	12,2	3,48	34,8
	10-12	7,0	4,8	3,2	2,20	10,2	7,00	55,7
	9-10	6,1	5,0	3,3	2,70	9,4	7,70	59,4
	6-8	5,8	5,7	2,5	2,5	8,3	8,20	61,6
Граммонит 50/50	2-5	5,3	6,9	2,3	2,9	7,6	9,8	71,3
	13-15	23,6	2,0	9,6	0,82	33,2	2,82	51,5
Гранулотол	12-13	21,3	2,3	9,5	1,04	30,8	3,34	52,4
	16-18	52,0	1,5	18,2	0,52	70,2	2,02	83,1
	14-16	47,2	2,1	18,2	0,81	65,4	2,92	84,4
	13-15	41,0	1,8	16,8	0,74	57,8	2,54	74,3
	12-14	36,0	2,2	16,2	0,99	52,2	3,19	72,8
Игланит*	8-10	9,0	4,5	3,8	1,3	12,8	5,8	50,5
Гранулит С-6М	5-7	7,6	5,0	2,3	2,2	9,9	7,2	56,7
Гранулит УП	2-4	6,0	6,7	1,8	2,6	7,8	9,3	65,0
Эмульсионные ВВ **		3,3	0,8	1,4	0,4	4,7	1,2	12,5

\*) Данные относятся только к игланиту на пористой селитре или с загущающими тонкодисперсными добавками.

\*\*) Приведены данные лабораторно-полигонных испытаний ВостНИИ эмульсионных ВВ: поремита-1 и аналогичной рецептуры опытного образца-эмульсита (содержание СО- 4,7 л/кг, NO<sub>x</sub> - 1,2 л/кг ВВ в газообразных продуктах взрыва открытого заряда ВВ без работы разрушения). Эти итоговые результаты разнесены по ПГО и ГМ в тех же соотношениях, что и для ВВ других рецептур: 70% газов - в ПГО и 30% - в ГМ. Влияние прочности разрушаемых горных пород на содержание вредных веществ в продуктах взрыва эмульсионных ВВ в СССР и РФ не исследовано, но ожидать больших колебаний из-за весьма малого содержания вредных веществ нет оснований.

5.5. Суммарная масса вредных веществ, выделившихся при одном взрыве

$$M_{\Sigma} = m_{Г1} + m_{Г2} + m_{п} , \quad \tau \quad (5.6)$$

Для определения массы вредных веществ, выделившихся при взрывах в течение года  $M_{\Sigma}$  следует умножить на количество взрывов за этот период.

## 6. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТАХ.

Погрузочно-разгрузочные работы в разрезе сопровождаются значительным пылевыведением.

На интенсивность пылевыведения оказывают влияние объем одновременно разгружаемой породы, высота разгрузки, угол поворота экскаватора. Так, при высоких забоях чаще происходит обрушение верхней части уступа, что приводит к повышению (в 1,5-5 раз) запыленности [11]. Запыленность воздуха изменяется почти в таких же соотношениях, как и изменение объема одновременно разрушаемой породы. Завышение высоты разгрузки и угла поворота экскаватора ведет к увеличению запыленности воздуха.

Работающее на погрузочно-разгрузочных работах оборудование отличается многообразием с широким диапазоном технологических и эксплуатационных качеств. На предприятиях используется оборудование циклического и непрерывного действия.

К основному оборудованию циклического действия относятся механические лопаты и бульдозеры.

К основным машинам непрерывного действия относятся роторные экскаваторы.

В методике рассматриваются машины, действующие или намечаемые к выпуску в ближайшем будущем. Для образцов техники, снятых с производства, но встречающихся, удельные показатели для расчета вредных выбросов следует принимать по аналогии с приведенными в методике.

В табл. 6.1. приведены данные по удельному выделению твердых частиц (пыли) отгружаемого (перегружаемого) материала при работе различных типов применяемого оборудования.

Таблица 6.1.

Удельное пылевыведение экскаваторов  
при работе в забое и на отвале

Наименование оборудования	Удельное пылевыведение ( $q_{уд}$ , г/м <sup>3</sup> ) в зависимости от крепости пород $f$						
	П о р о д а					У г о л ь	
	2	4	6	8	10	1	2
<b>Одноковшовые</b>							
<b>экскаваторы*</b>							
ЭКГ-5А	2,4	3,4	4,8	7,2	10,9	1,93	1,93
ЭКГ-8И	2,9	4,1	5,8	8,7	13,2	2,78	2,78
ЭКГ-10	3,1	4,4	6,3	9,4	14,3	2,84	2,84
ЭКГ-12,5	3,1	4,4	6,3	9,4	14,3	2,86	2,86
ЭКГ-15	3,8	5,4	7,6	11,4	17,3	2,84	2,84
ЭКГ-20	4,2	5,9	8,4	12,7	19,2	-	-
ЭКГ-30	4,8	6,8	9,6	14,4	21,8	-	-
<b>Роторные</b>							
<b>экскаваторы</b>							
ЭРГ-1250 ОЦ	-	-	-	-	-	20	28
ЭРГ-1250	-	-	-	-	-	20	28
ЭРП-2500	-	-	-	-	-	11	15
ЭРП-5250	-	-	-	-	-	7	8
<b>Экскаваторы</b>							
<b>на отвале</b>							
ЭКГ-5А	3,1	4,4	6,2	9,4	-	-	-
ЭКГ-8И	3,8	5,3	7,5	11,3	-	-	-
ЭШ-6,5 45У	7,2	10,1	14,3	21,4	-	-	-
ЭШ-14.50	7,2	10,1	14,3	21,4	-	-	-
ЭШ-20.65	10,3	14,4	20,4	30,5	-	-	-
ЭШ-11.70	10,8	15,2	21,5	32,2	-	-	-
ЭШ-40.85	12,5	17,4	24,7	36,9	-	-	-
ЭШ-15.90	14,1	19,7	27,9	41,8	-	-	-
ЭШ-20.90	14,1	19,7	27,9	41,8	-	-	-
ЭШ-65.100	14,7	20,5	29,1	43,5	-	-	-
ОШС 4000/125	6,0	10,2	14,3	20,0	-	-	-

\*Приведены значения  $q_{уд}$  при погрузке экскаваторами горной массы в автосамосвалы;  $q_{уд}$  при погрузке экскаваторами горной массы в думпкары увеличиваются на 10%.

6.1. Одноковшовые экскаваторы являются основным оборудованием на добычных, вскрышных и отвальных работах. С помощью одноковшовых экскаваторов осуществляются: погрузка вскрышных пород и полезного ископаемого в забое, переэкскавация навалов породы, проведение траншей, нарезка новых горизонтов, погрузка угля и породы на складах и дробильно-персгрузочных пунктах, укладка пород во внутренние и внешние отвалы и т.д. Все процессы сопровождаются значительным выделением пыли.

Масса пыли, выделяющейся при работе одноковшовых экскаваторов, определяется по формуле

$$m_{\text{п}} = q_{\text{уд}} (3,6 E K_2 / t_{\text{ц}}) T_r K_1 K_2 \cdot 10^{-3} \text{ , т/год} \quad (6.1)$$

где  $q_{\text{уд}}$  - удельное выделение твердых частиц (пыли) с 1 м<sup>3</sup> отгружаемого (перегружаемого) материала, г/м<sup>3</sup> (табл.6.1);  $E$  - вместимость ковша экскаватора, м<sup>3</sup>;  $T_r$  - чистое время работы экскаватора в год, ч.;  $K_2$  - коэффициент экскавации (табл.6.2);  $t_{\text{ц}}$  - время цикла экскаватора, с;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий скорость ветра, (м/с). определяется по наиболее характерному для данной местности значению скорости ветра [12].

скорость ветра, м/с	до 2	2,1-5	5,1-7	7,1-10	10,1-12	12,1-14	14,1-16
Коэффициент $K_1$	1,0	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6

$K_2$  - коэффициент, учитывающий влажность материала [13]

Влажность материала, %	до 0,5	0,6-1	1,1-3	3,1-5	5,1-7	7,1-8	8,1-9	9,1-10	>10
Коэффициент $K_2$	2,0	1,5	1,3	1,2	1,0	0,7	0,3	0,2	0,1

Максимальный из разовых выброс вредных веществ при погрузочных работах одноковшовым экскаватором

$$m_{p1} = q_{уд} \cdot E K_3 K_1 K_2 / t_{ц} \quad , \text{ г/с} \quad (6.2)$$

Таблица 6.2

Коэффициенты разрыхления горной массы и экскавации (по ЕНВ 1989 г.)

Категория пород по трудности экскавации	Плотность породы в массиве, т/м <sup>3</sup>	К о э ф ф и ц и е н т ы		
		Разрыхления горной массы	Экскавации	
			Прямая лопата	Драглайн
1	1,6	1,15	0,91	0,83
2	1,8	1,25	0,84	0,75
3	2,0	1,35	0,70	0,65
4	2,5	1,50	0,60	0,58

6.2. При добыче полезных ископаемых наряду с одноковшовыми используются роторные экскаваторы.

Масса вредных веществ, выделяющихся при работе роторного экскаватора

$$m_{p2} = q_{уд} \cdot 60 \cdot E n_c T_r K_1 K_2 \cdot 10^{-6} / K_p \quad , \text{ т/год} \quad (6.3)$$

где  $n_c$  - частота ссыпок (частота чередования режущих поясов), мин<sup>-1</sup>.

Максимальный из разовых выброс вредных веществ при работе роторного экскаватора

$$m_{p2} = q_{уд} \cdot E n_c K_1 K_2 \cdot 10^{-2} / K_p \quad , \text{ г/с} \quad (6.4)$$

6.3. Для зачистки кровли пластов полезного ископаемого, планировки площадок, для послонной разработки горных пород и перемещения их на расстояние до 100-150 м, для работы на отвалах и т.д. используются бульдозеры.

При работе бульдозера происходит выделение пыли и вредных газов в атмосферу.

Масса пыли, выделяющейся при разработке пород или отвалообразовании бульдозером.

$$m_{бп} = q_{уд} \cdot 3,6 \gamma V t_{см} n_{см} \cdot 10^{-3} K_1 K_2 / t_{цб} K_p \quad , \text{ т/год} \quad (6.5)$$

где  $q_{уд}$  - удельное выделение твердых частиц с 1 т перемещаемого материала, г/т (табл.6.3);  $t_{см}$  - чистое время работы бульдозера в смену, ч;  $V$  - объем призмы волочения, м<sup>3</sup>;  $t_{цб}$  - время цикла, с;  $n_{см}$  - количество смен работы бульдозера в год.

Таблица 6.3

Удельное выделение твердых частиц (пыли) с 1 т материала, перемещаемого бульдозером

Марка бульдозера	Выделение пыли при крепости пород, г/т					
	У г о л ь		П о р о д а			
	1	2	2	4	6	8
ДЗ-110А	1,00	1,25	0,66	0,85	1,18	1,85
ДЗ-35С	1,15	1,45	0,70	0,91	1,23	1,93
ДЗ-118	1,20	1,50	0,74	0,93	1,30	2,11

Таблица 6.4

Удельные выбросы вредных веществ дизельными двигателями бульдозеров

Марка бульдозера	Загрязняющие вещества	Удельный выброс, кг/ч, при различных режимах работы		
		Холостой ход	40% мощности	Максимальная мощность
ДЗ 110А (100)*	CO	0,137	0,205	0,342
	NO <sub>x</sub>	0,054	0,133	0,351
	CH	0,072	0,214	0,275
	C	0,003	0,019	0,044
ДЗ-35С (150)	CO	0,158	0,238	0,396
	NO <sub>x</sub>	0,061	0,153	0,398
	CH	0,137	0,239	0,308
	C	0,006	0,030	0,061
ДЗ-118 (250)	CO	0,201	0,302	0,504
	NO <sub>x</sub>	0,079	0,198	0,515
	CH	0,180	0,315	0,415
	C	0,017	0,049	0,112

\* В скобках указан тяговый класс, кП.

Масса оксидов серы SO<sub>2</sub>, выбрасываемых при работе дизельного двигателя, определяется по содержанию серы в топливе и концентрации в отработавших газах. Последняя, в свою очередь, рассчитывается по измеренным значениям расхода воздуха и топлива.

## 7. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ГОРНОЙ МАССЫ [15]

7.1. Масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (автосамосвалы, дизель-троллейбусы, тепловозы, тяговые агрегаты).

Общая масса вредных веществ, выделяющихся при сжигании топлива карьерным транспортом, зависит от режима работы двигателя автомобиля или тепловоза в течение рейса.

Рассматривая работу автомобиля или тепловоза на карьере, можно выделить три характерных режима работы двигателя:

Максимальный из равных выброс вредных веществ при разработке пород или отвалообразовании бульдозером.

$$m_{бр} = q_{уд} \gamma V K_1 K_2 / t_{цб} \cdot K_p, \quad \text{г/с} \quad (6.6)$$

Выброс загрязняющих веществ от сжигания топлива бульдозером зависит от режима его работы.

В среднем дизельный двигатель бульдозера 40% чистого времени смены работает при полной мощности и 40% времени использует мощность частично (30-40%), 20% времени - работает на холостом ходу.

Масса i-го вредного вещества, выделяющегося при работе дизельного двигателя бульдозера

$$m_{бгi} = (q_{удi} t_{хх} + q_{удi} t_{40\%} + q_{удi} t_{100\%}) T_{см} N_б 10^{-3}, \quad \text{т/год} \quad (6.7)$$

Суммарная масса вредных веществ, выделяющихся при работе двигателя бульдозера

$$m_{бг} = \sum m_{бгi}, \quad \text{т/год} \quad (6.8)$$

где  $q_{удi}$  - удельный выброс i-го вредного вещества при работе двигателя в соответствующем режиме, кг/ч (табл.6.4);  $t_{хх}$ ,  $t_{40\%}$ ,  $t_{100\%}$  - время работы двигателя в течение смены, соответственно на холостом ходу, при частичном использовании мощности двигателя, %,

$$t_{хх} = t_1 / 100 \times t_{см}, \quad t_{40\%} \text{ и } t_{100\%} \text{ определяются аналогично,} \quad (6.9)$$

где  $t_1$  - процентное распределение времени работы двигателя на различных нагрузочных режимах (см. выше);  $t_{см}$  - чистое время работы бульдозера в смену, ч;  $T_{см}$  - число смен работы бульдозера в году;  $N_б$  - число бульдозеров.

холостой ход: а) для автомобиля и тепловоза - при погрузке, ожидании и на спуске; б) для дизель-троллейвоза и тягового агрегата - то же, а также при движении под контактной сетью;

полное использование мощности двигателя: а) для автомобиля и тепловоза - при движении на подъем и при движении груженого автомобиля (поезда) по горизонтальным и пологим участкам трассы в забое и на отвале; б) для дизель-троллейвоза и тягового агрегата - при движении груженого дизель-троллейвоза (поезда), по горизонтальным и пологим участкам в забое и на отвале;

частичное (приблизительно 50-процентное) использование мощности двигателя - при движении всех видов автомобилей и локомотивосоставов по горизонтальным участкам трассы в порожнем состоянии и при разгрузке.

Масса годового выброса вредных веществ от сжигания топлива в двигателях автомобилей или тепловозов

$$m_{ат} = \sum_{i=1}^n m_{ати} \quad , \quad \text{т/год} \quad (7.1)$$

где  $n$  - общее число примесей, выбрасываемых в атмосферу;  $i$  - виды примесей, выбрасываемых источником ( $i=1...n$ );  $m_{ати}$  - масса  $i$ -го вредного вещества, выделяемого при работе автомобиля (тепловоза), т/год.

$$m_{ати} = m_{ик} \cdot n_{год} \cdot N_{ар} \cdot k_i \cdot k_1 \cdot 10^{-3} \quad , \quad \text{т/год} \quad (7.2)$$

где  $m_{ик}$  - масса  $i$ -го вредного вещества, выделяемого двигателем при работе на различных режимах, кг/сут;  $k$  - режим работы двигателя;  $n_{год}$  - число дней работы предприятия в году;  $N_{ар}$  - число работающих автосамосвалов (локомотивосоставов);  $k_i$  - коэффициент влияния климатических условий работы: для автомобилей, согласно [16] принимается равным 1; для тепловозов, согласно [12] принимается равным 0,8 севернее  $60^\circ$  северной широты, для остальных районов - равным 1;  $k_1$  - коэффициент, зависящий от возраста и технического состояния парка; для тепловозов и автосамосвалов со сроком эксплуатации менее 2 лет принимается равным 1, при сроке эксплуатации более 2 лет - - 1,2 [12].

Масса  $i$ -го вредного вещества

$$m_{ик} = \sum_{k=1}^j q_{ик} \cdot t_k \quad , \quad \text{кг/сут} \quad (7.3)$$

где  $q_{ик}$  - удельный выброс  $i$ -го вредного вещества при работе двигателя на  $k$ -м режиме для двигателей тепловозов и тяговых агрегатов (табл.7.1) и для дизельных двигателей автомобилей (табл.7.2);  $t_k$  - время работы двигателя на  $k$ -м режиме в сутки, ч; определяется исходя из времени работы двигателя в данном режиме в течение рейса (табл.7.3, 7.4) и суммарного времени работы машины в сутки.

Максимальный из разовых выброс  $i$ -го вредного вещества с обработанными газами автомобилей, тепловозов

$$m_{атр} = m_{ик} \cdot N_{ар} / 24 \cdot 3,6 \quad , \quad \text{г/с} \quad (7.4)$$

Таблица 7.1

Удельные выбросы вредных веществ дизельными двигателями тепловозов и тяговых агрегатов

Марка тягового агрегата или тепловоза и двигателя	Вредные вещества	Значения удельных выбросов вредных веществ дизельными двигателями тепловозов и тяговых агрегатов, кг/ч, с различными режимами работы		
		Холостой ход	50% мощность и	Максимальная мощность
ОПЭ-1 (14ДГУ-2)	CO	0,442	1,603	2,714
	NO <sub>x</sub>	0,383	6,105	10,829
	CH	0,081	0,642	1,085
	C	0,027	0,208	0,353
ТЭМ-7, ТЭМ-7А (12-26ДГ)	CO	0,424	1,508	2,574
	NO <sub>x</sub>	0,313	6,139	10,666
	CH	0,034	0,603	1,070
	C	0,011	0,193	0,347



Таблица 7.2

Удельные выбросы вредных веществ дизельными двигателями автомобилей

Марка автомобиля и двигателя	Вредные вещества	Значения удельных выбросов вредных веществ дизельными двигателями автомобилей, кг/ч, с различными режимами работы		
		Холостой ход	50% мощности	Максимальная мощность
БелАЗ-7540 (ЯМЗ-240ПМ2) (30 т)	CO	0,160	0,219	0,519
	NO <sub>x</sub>	0,115	0,963	1,767
	CH	0,044	0,087	0,161
	C	0,005	0,024	0,052
БелАЗ-7548 (ЯМЗ-8401.10-02) (42 т)	CO	0,190	0,261	0,617
	NO <sub>x</sub>	0,130	1,148	2,105
	CH	0,052	0,104	0,192
	C	0,009	0,034	0,052
БелАЗ-7549 (БДМ-21А) (80 т)	CO	0,371	0,488	0,895
	NO <sub>x</sub>	0,254	2,148	3,398
	CH	0,098	0,195	0,358
	C	0,017	0,053	0,116
БелАЗ-7512 (8ДМ-21А) (120 т)	CO	0,494	1,081	1,108
	NO <sub>x</sub>	0,363	2,660	4,876
	CH	0,121	0,242	0,443
	C	0,023	0,079	0,144
БелАЗ-75215 (12ЧН1А26/26) (180 т)	CO	0,874	1,413	1,961
	NO <sub>x</sub>	0,642	4,706	8,605
	CH	0,214	0,427	0,804
	C	0,069	0,139	0,255

Таблица 7.3

Процентное распределение времени работы двигателей при различных нагрузочных режимах

Вид транспорта	Режим работы двигателя		
	Холостой ход	50% мощности	Максимальная мощность
Автомобили	37-40	13-15	50-45
Дизель-троллейвоз	70-80	7-10	15-20

Таблица 7.4

Процентное распределение времени работы двигателей тепловозов и тяговых агрегатов

Марка тепловоза или тягового агрегата	Режим работы двигателя		
	Холостой ход	20-30% мощности	Максимальная мощность
ОПЭ-1	55-60	23-20	22-20
ТЭМ-7, ТЭМ-7А	45-50	45-42	12-8

7.2. Масса выбросов вредных веществ при движении транспортных средств.

Масса годового образования пыли на автодорогах при движении автомобилей

$$m_n = 2 (q_{ср.в} K_5 L_n + q_{ср.с} K_5 L_c) n_{рс} \cdot (365 - T_c) \cdot N_{ар} \cdot 10^{-3} \text{ ,т/год} \quad (7.5)$$

где  $K_5$  - коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения автосамосвалов в карьере (12)

Средняя скорость движения автосамосвала, км/ч	5	10	20	30
Коэффициент $K_5$	0,6	1,0	2,0	3,5

$q_{ср.в}$ ,  $q_{ср.с}$  - удельное выделение пыли при прохождении одним автомобилем 1 км соответственно временной и стационарной дороги (табл.7.5), кг/км;  $L_v$ ,  $L_c$  - соответственно длина временных и стационарных дорог, км;  $n_{рс}$  - число рейсов автосамосвала в сутки;  $T_c$  - годовое количество дней с устойчивым снежным покровом;  $N_{ар}$  - число работающих автосамосвалов.

Максимальный из разовых выброс пыли при движении автомобилей:

$$m_{пр} = 2 \cdot (q_{ср.в} \cdot K_5 L_v + q_{ср.с} \cdot K_5 L_c) \cdot n_{рм} \cdot N_{ар} / 3,6 \quad , \text{ г/с} \quad (7.6)$$

где  $n_{рм}$  - число рейсов автосамосвала в 1 ч.

Масса вредных веществ, сдуваемых с поверхности материала, транспортируемого различными средствами транспорта:

автосамосвалом

$$m_{тм} = 3,6 \cdot q_{пп} \cdot S_a \cdot N_{ар} \cdot n_{рг} \cdot t_{двг} \cdot K_2 \cdot K_6 \cdot 10^{-3} \quad , \text{ т/год} \quad (7.7)$$

где  $q_{пп} = 0,003 \text{ г/м}^2 \cdot \text{с}$  - удельная сдуваемость твердых частиц с  $1 \text{ м}^2$  поверхности горной массы;  $S_a$  - площадь поверхности транспортируемого материала в кузове автосамосвала,  $\text{м}^2$ . Она составляет для автомобилей: БелАЗ-7540 -  $14 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-7548 -  $17 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-7549 -  $31 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-7512 -  $42 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-75215 -  $52 \text{ м}^2$ ;  $N_{ар}$  - количество рабочих автосамосвалов;  $n_{рг}$  - число рейсов автосамосвала в год;  $t_{двг}$  - средняя длительность движения автосамосвала с грузом за один рейс, час;  $K_2$  - коэффициент, учитывающий влажность транспортируемого материала;  $K_6$  - коэффициент, учитывающий скорость обдува материала, которая определяется как геометрическая сумма скорости ветра и обратного вектора скорости движения автосамосвала [12].

Скорость обдува материала $V_{об}$ , м/с	2	4	6	8	10	12	14	15
Коэффициент $K_6$	1	1,13	1,26	1,38	1,5	1,62	1,74	1,80

Таблица 7

Удельное выделение пыли на автодорогах при движении автомобилей, кг/км

Тип покрытия и дороги	Угольная пыль					Породная пыль				
	БелАЗ 7540	БелАЗ 7548	БелАЗ 7549	БелАЗ 7512	БелАЗ 75215	БелАЗ 7540	БелАЗ 7548	БелАЗ 7549	БелАЗ 7512	БелАЗ 75215
Щебеночное	0,73	0,86	1,01	1,41	2,20	0,36	0,42	0,59	0,79	1,04
Грунто-щебеночное и грунто-гравийное	0,92	1,08	1,28	1,94	2,74	0,53	0,61	0,72	0,99	1,31
Грунтовая на отвале (складе)	1,30	1,53	1,80	2,66	3,85	0,71	0,85	1,01	1,38	1,84
Грунтовая в забое	1,59	1,87	2,2	3,29	4,73	0,90	1,06	1,26	1,71	2,25

Примечание. При составлении табл. 7.5 использовалась формула интенсивности пылеобразования при движении автосамосвалов и график для определения коэффициента пылеобразующей способности покрытия автодорог, приведенные в работе [18].

железнодорожным транспортом

$$m_{тм} = 3,6 q_{пп} S_v n_v N_{лс} n_{рлс} t_{двг} K_2 K_6 \cdot 10^{-3} \quad , \text{ т/год} \quad (7.8)$$

где  $q_{пп} = 0,003 \text{ г/м}^2 \text{ с}$  - удельная сдуваемость твердых частиц с поверхности транспортируемого материала;  $S_v$  - площадь поверхности транспортируемого материала в думпкоре (вагоне). Значения этого показателя: ВС-60 - 33,4 м<sup>2</sup>; ВС-85 - 38 м<sup>2</sup>; 2ВС-105 - 48,5 м<sup>2</sup>; ВС-145 - 59,3 м<sup>2</sup>; ПС-63 - 34,9 м<sup>2</sup>; ПС-94 - 42,9 м<sup>2</sup>;  $n_v$  - число вагонов в поезде;  $N_{лс}$  - число работающих локомотивосоставов;  $n_{рлс}$  - число рейсов локомотивосостава в год;  $t_{двг}$  - средняя длительность движения л.с. с грузом за рейс, час.

конвейерным транспортом

$$m_{тм} = 3,6 q_{пп} B L_x T_{год} K_2 K_6 \cdot 10^{-3} \quad , \text{ т/год} \quad (7.9)$$

где  $q_{пп}$  - удельная сдуваемость твердых частиц с 1 м<sup>2</sup> поверхности горной массы 0,003 г/м<sup>2</sup> с;  $B$  - ширина ленты, м;  $L_x$  - длина конвейерной линии, м;  $T_{год}$  - годовое количество рабочих часов.

Максимальный из разовых выбросов пыли с поверхности транспортируемого материала в автосамосвале или в вагонах:

$$m_{тмр} = q_{пп} S N_p n_p t_{двг} K_2 K_6 \quad , \text{ г/с} \quad (7.10)$$

где  $S$  - площадь поверхности транспортируемого материала (автосамосвалом, в вагонах локомотивосостава, м<sup>2</sup>);  $n_p$  - число рейсов транспортного средства в 1 ч.

Максимальный из разовых выбросов пыли с поверхности транспортируемого материала конвейером:

$$m_{тмр} = q_{пп} B L_x K_2 K_6 \quad , \text{ г/с} \quad (7.11)$$

## 8. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПУНКТАХ И ОТВАЛАХ

8.1. Масса валовых выбросов вредных веществ на перегрузочных пунктах.

Места перегрузки горной массы (перегрузка с конвейера на конвейер, разгрузка автосамосвалов в отвал или бункер, разгрузка вагонов в бункер или в приямок экскаватора на отвале и т.д.) являются интенсивными источниками пылевыведения. Причем при работе роторных комплексов, дробильно-перегрузочных пунктов все операции технологического процесса сопровождаются пылевыведением.

Масса твердых частиц (пыли), выделяющихся при проведении погрузочно-разгрузочных работ

$$m_p = \sum_i^n q_{уд} \Pi_{п} K_1 K_2 K_3 K_4 \cdot 10^{-6} \quad , \text{ т/год} \quad (8.1)$$

$$m_p = \sum_i^n q_{уд} \cdot \gamma \cdot Q_{п} K_1 K_2 K_3 K_4 \cdot 10^{-6} \quad , \text{ т/год}$$

где  $n$  - количество перегрузок горной массы;  $K_3$  - коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий; составляет для складов открытых: с четырех сторон - 1,0; с трех сторон - 0,8; с двух сторон частично - 0,5; с одной стороны - 0,1;  $K_4$  - коэффициент, учитывающий высоту разгрузки материала;

Высота разгрузки материала, м	0,5	1,0	1,5	2,0	4,0	6,0	8,0	10
Коэффициент $K_4$	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5

$q_{уд}$  - удельное выделение твердых частиц отгружаемого (перегружаемого) материала, г/т (принимается - для автомобилей и думпкаров - 0,32 г/т [26], для самоходных дробильных установок) - по табл. 8.1 [19].  $\Pi_{п}$ ,  $Q_{п}$  - количество отгружаемого перегружаемого материала т/год (м<sup>3</sup>/год).

Максимальный из разовых выброс твердых частиц при проведении всех видов погрузочно-разгрузочных работ

$$m_{p,p} = q_{уд} \Pi K_1 K_2 K_3 K_4 / 3600 \quad , \text{ г/с} \quad (8.2)$$

$$m_{p,p} = q_{уд} \gamma Q K_1 K_2 K_3 K_4 / 3600 \quad , \text{ г/с}$$

где  $\Pi$ ,  $Q$  - количество отгружаемого (перегружаемого) материала, т/ч ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ).

Масса выбросов вредных веществ при работе самоходных дробильных установок

$$m_{сду} = q_{уд} \cdot \Pi_{п} \cdot K_2 \cdot 10^{-6} \quad , \quad \text{т/год}$$

Таблица 8.1

Удельное пылевыведение при работе самоходных дробильных установок

Агрегат	Условия работы	Удельное пылевыведение, г/т
СДА-300	Без средств пылеулавливания С использованием пылеулавливающей установки	1,66-2,41 0,36-0,43
СДА-1000	Без средств пылеулавливания С использованием системы пылеулавливания	2,9-6,1 1,8-2,7
ДПА-2000	Без средств пылеулавливания С использованием системы пылеулавливания	5,0-7,9 1,3-1,7

## 8.2. Масса выбросов вредных веществ на отвалах.

Валовый выброс вредных веществ (пыли) на отвалах вскрышных пород осуществляется точечными, линейными и плоскостными источниками.

К точечным источникам относятся места складирования горной массы, к линейным - транспортные коммуникации, расположенные на отвале, включая и вспомогательные. К плоскостным источникам относятся пылящие поверхности отвала. Дополнительным источником загрязнения воздуха на отвале являются мобильные источники - автомобили и технологические поезда.

Масса вредных веществ, образующихся на отвалах вскрышных пород.

$$m_{в,о} = m_{в,у} + m_{сот} \cdot S_{сот} + m_{д} \cdot S_{д} \quad , \quad \text{т/год} \quad (8.3)$$

где  $m_{в,у}$  - масса твердых частиц, выделяющаяся в зоне выгрузки и укладки пород, т/год;  $m_{сот}$  - масса твердых частиц, сдуваемая с 1  $\text{м}^2$  свежесыпанного отвала за год, т/год;  $S_{сот}$  - площадь свежесыпанного отвала, равная площади, отсыпаемой за год,  $\text{м}^2$ ;  $m_{д}$  - масса твердых частиц, сдуваемая с 1  $\text{м}^2$  дефлирующих поверхностей отвала, т/год;  $S_{д}$  - площадь дефлирующих поверхностей отвала,  $\text{м}^2$ .

При железнодорожном и автомобильном транспорте масса вредных веществ (пыли) на отвале в зоне выгрузки складывается из массы пыли, образующейся в момент выгрузки из вагона или самосвала и образующейся при складировании вскрышных пород:

$$m_{в,у(ж,а)} = (q_{уд} + q_{уд,ск} / \gamma) \cdot Q \cdot K_1 K_2 \cdot 10^{-6} \quad , \quad \text{т/год} \quad (8.4)$$

где  $q_{уд}$ ,  $q_{уд,ск}$  - удельное выделение твердых частиц с породы, соответственно выгружаемой из транспортного средства (0,32 г/т) и складированной в отвал (табл.6.1);  $Q$  - объем породы транспортируемой на отвал, т/год.

При конвейерном транспорте укладка пород в отвал производится ленточным отвалообразователем.

$$m_{в,у(к)} = (q_{уд,о} / \gamma) \cdot Q_o \cdot K_1 K_2 \cdot 10^{-6} \quad , \quad \text{т/год} \quad (8.5)$$

где  $q_{уд,о}$  - удельное выделение твердых частиц с породы при формировании отвала отвалообразователем (табл.6.1).

Максимальный из разовых выброс вредных веществ на отвале в зоне выгрузки и складирования пород:

при автомобильном и железнодорожном транспорте

$$m_{в.у(ж.д.в)} = (q_{уд.в} + q_{уд.ск} / \gamma) \cdot Q_4 \cdot K_1 K_2 / 3600, \text{ г/с} \quad (8.6)$$

где  $Q_4$  - объем породы, подаваемой в отвал за 1 ч, т/ч; при конвейерном транспорте

$$m_{в.у(к)} = [(q_{уд.о} / \gamma) \cdot Q_4 \cdot K_1 K_2] / 3600, \text{ г/с} \quad (8.7)$$

Масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м<sup>2</sup> свежесыпанного отвала

$$m_{сот} = 86,4 q_0 \cdot (365 - T_c) \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (8.8)$$

где  $q_0$  - удельная сдуваемость твердых частиц с пылящей поверхности свежесыпанного отвала (табл.8.2) или дефлирующих поверхностей отвала, мг/м<sup>2</sup>·с;  $T_c$  - годовое количество дней с устойчивым снежным покровом.

Масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м<sup>2</sup> дефлирующих поверхностей отвала

$$m_d = 86,4 \cdot q_0 \cdot (365 - T_c) \cdot K_2 \cdot K_7 \cdot 10^{-6}$$

где  $K_7$  - коэффициент, учитывающий эффективность сдувания твердых частиц с поверхности отвала (0,2 - в первые три года после прекращения эксплуатации; 0,1 - в последующие годы до полного озеленения отвала).

Таблица 8.2

Удельная сдуваемость пыли с поверхностей отвала (скальные смешанные породы) [20]

Приземная скорость ветра м/с	Удельная сдуваемость, мг/м <sup>2</sup> ·с при высоте отвала, м			
	10	50	100	150
5	3,7	9,3	13,8	17,4
8	14,3	35,8	53,3	67,3
10	26,7	68,2	100,9	127,1

## 9. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ СБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОЕМЫ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

В процессе подготовки карьерных полей к разработке и при эксплуатации месторождений производится откачка вод, попадающих в горные выработки из массива и с поверхности. Эти воды, а также дождевые и воды, расходуемые на технологические нужды при добыче полезного ископаемого, образуют сточные воды. Они, как правило, сильно загрязнены и должны быть очищены перед выпуском в водосмы.

9.1. Общая масса годового сброса  $i$ -ой примеси в водоемы определяется в зависимости от характера поступления в водоем загрязнений из оцениваемого источника.

Если источник сбрасывает сточные воды нескольких типов, различающихся степенью очистки, то следует определить общую массу  $m_i$  годового сброса  $i$ -ой примеси в водоем, сбрасываемую со всеми типами выпускаемых сточных вод

$$m_i = \sum_{j=1}^k m_{ij} \quad (9.1)$$

где  $m_i$  - масса годового поступления  $i$ -го вещества в водоем от данного источника со сточными водами  $j$ -го типа,  $j = 1, 2, \dots, k$ , т/год.

Если сточные воды сбрасываются в водоем из оцениваемого источника без предварительного смешения со сточными водами других источников и величина концентрации  $i$ -ой примеси  $c_i$  (г/м<sup>3</sup>) в поступающих в водоем сточных водах в течение года относительно постоянна, то масса годового поступления в водоем  $i$ -ой примеси приблизительно может быть определена

$$m_{вi} = c_i v_b \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (9.2)$$

где  $v_b$  - объем годового сброса сточных вод данным источником, млн.м<sup>3</sup>/год.

Полный расчет осуществляется по "Методике расчета предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ в водные объекты со сточными водами" ВНИИВО, Харьков, 1990г.

10. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ С УЧЕТОМ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Масса вредных веществ, с учетом средств пылегазоподавления

$$m'_i = m_i \cdot (1 - \eta_i), \quad \tau \quad (10.1)$$

где  $m'_i$  - масса  $i$ -го вредного вещества, выделяющегося оборудованием или процессом, с учетом эффективности средств пылегазоподавления,  $\tau$ ;  $m_i$  - масса  $i$ -го вредного вещества, выделяющегося оборудованием или процессом,  $\tau$ ;  $\eta_i$  - эффективность средств пылегазоподавления (табл. 10.1) [23].

Таблица 10.1

Эффективность средств пылегазоподавления для различного оборудования и процессов

Источники выделения вредных веществ	Способы пылегазоподавления	Предусмотренное оборудование и средства	Эффективность пылегазоподавления
1	2	3	4
Бурение	Сухое пылеулавливание	Осадительные камеры или пылеприемники, циклоны, мультициклоны, циклоны ВЗП, Фильтры тонкой очистки, тканевые или картонные УПП-5	0,95-0,97
	Водяное пылеподавление	Труба Вентури, циклоны с обратным конусом, система прямого впрыска воды	0,95-0,97

1	2	3	4	
Взрывание	Гидрообеспыливание	Поливочные машины, оросительно-вентиляционные установки. Гидрозабойка газоподавление ( $NO_x$ ) пылеподавление	0,85-0,90 0,35-0,5 0,55-0,60	
		Экскавация	Увлажнение отбитой горной массы	Стволы распылители РС, СА, лафетные стволы ЛС-1, оросительно-вентиляционные установки УМП-1А, самоходно-поливочные агрегаты СПА-1
		Предварительное увлажнение массы	Насосные установки 2УГН, УНР, ГР-16/40	0,80-0,85
Транспорт: автомобильный	Гидрообеспыливание автодорог - водой - вяжущими	ПМ-130, СПА, УМП-1М, АОП-35, АВР, УНП-1	0,65-0,9 0,9-0,98	
		Гидрообеспыливание узлов разгрузки угля	Улиткообразный бункер, водная завеса	0,85-0,90
	Нейтрализация ОГ	Каталитические нейтрализаторы Окись углерода до углеводороды до альдегиды до	нейтрализаторы до 0,75 до 0,70 до 0,80	

1	2	3	4
Конвейерный	Укрытие узлов перегрузки горной массы, аспирация и очистка запыленного воздуха	Системы сухого обеспыливания	0,75-0,8
	Орошение узлов перегрузки	Системы орошения, пеногенераторы	0,85-0,9
Железнодорожный	Гидрообеспыливание узлов загрузки	Система гидрообеспыливания	0,85-0,9
	Орошение растворами КНЦ, полиакриламида, латексами	Системы орошения	0,97-1,0
Поверхность отвалов	Орошение латексами	АВР, УМП-1М, АОП-35, СПА	0,85-0,9
	Гидрообеспыливание	То же	0,85-0,9

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Требования к построению, содержанию и изложению расчетных методик определения выбросов вредных веществ в атмосферу: Письмо ГГО им.А.Н.Воейкова. - Л., 1986. - 17 с.
2. Методические указания по расчету валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями Минсеззапстроя СССР. Ч.6 Автотранспортные предприятия: ВРД66116-87. - М.: ОНТИПТИОМЭС, 1987. - 77 с.
3. Латкин А.С., Сажин Б.С., Шевкун Е.Б. Пылеулавливание при бурении М., Наука, 1992. - 112 с.
4. Михайлов В.А., Бересневич П.В. Снижение запыленности и загазованности воздуха на открытых горных работах - Киев: Техника, 1975. - 116 с.
5. Бересневич П.В., Михайлов В.А. Аэрология карьеров: Справочник. - М.: Наука, 1990. - 280 с.
6. Ярембаш И.Ф. Очистка рудничной атмосферы после взрывных работ. - М.: Недра, 1979. - 68 с.
7. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах. Пкр. с англ. М.: Наука, 1980. - 453 с.
8. Миндели Э.О. Разрушение горных пород - М.: Недра, 1975. - 600 с.
9. Делков С.П., Брюховских О.А. Распространение и осаждение пыли при взрывах в карьере - "Известия вузов. Горный журнал, 1994, №7 - 54-62с.
10. Методика расчета выбросов вредных веществ карьеров с учетом нестабильности их технологических процессов. Кривой рог. ВНИИБТГ, 1988. - 55 с.
11. Красавин А.П. Защита окружающей среды в угольной промышленности. М., Недра, 1991. - 221 с.

12. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на предприятиях железнодорожного транспорта (расчетным методом) / МТРФ, НИИАТ - М.: 1992. - 162 с.
13. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработки угля / Минуглепром СССР, Всес. н.-и. и проектно-конструкт. ин-т охраны окружающей природной среды в угольной пром-сти. - Пермь, 1989. -42 с.
14. Справочник. Открытые горные работы / К.Н. Трубецкой, М.Г.Потапов, К.Е.Винницкий, Н.Н.Мельников и др. - М.: Горное бюро, 1994.-590с.
15. Методика расчета вредных выбросов (сбросов) и оценки экологического ущерба при эксплуатации различных видов карьерного транспорта - М.: Ин-т горн.дела им.А.А.Скочинского, 1994. - 52с.
16. Методические указания по определению экономической эффективности применения непрерывных и новых специализированных видов транспорта в народном хозяйстве / ИКТП - М.: ИКТП, 1984. - 33с.
17. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 183с.
18. Токмаков М.А., Купин А.Н. Борьба с пылью при работе роторных экскаваторов и автосамосвалов на разрезах. - М.: ЦНИЭИУголь, 1977. -37с.
19. Коваленко В.С. Технологический и экологический аспекты разработки сближенных рудных месторождений. - М.: Недра, 1994. - 144 с.
20. Горлов В.Д. Экологические изменения при формировании высоких и сверхвысоких породных отвалов. - В кн. Экологические проблемы горного производства, переработки и размещения отходов. Вторая научно-техническая конференция. М. 30 января - 3 февраля 1995 г. МГГУ, 1995 - 600 с.