

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра открытых горных работ

Составитель
В. Л. Мартьянов

**РАСЧЕТ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ (СБРОСОВ) КОМПЛЕКСА
ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине «Аэрология горных предприятий»
для студентов всех форм обучения**

Рекомендованы учебно-методической комиссией
специализации 21.05.04 «Открытые горные работы» в качестве
электронного издания для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

Рецензент:

Шевченко Л. А. – доктор технических наук, профессор кафедры аэрологии, охраны труда и природы

Тюленев М. А. – доцент кафедры открытых горных работ, председатель учебно-методической комиссии специализации «Открытые горные работы»

Виктор Леонидович Мартьянов

Расчет вредных выбросов (сбросов) комплекса горного оборудования [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Аэрология горных предприятий» для студентов направления подготовки 21.05.04 «Горное дело», образовательная программа «Открытые горные работы», всех форм обучения / сост. В. Л. Мартьянов; КузГТУ. – Кемерово, 2016

В лабораторном практикуме приведены основные термины и определения в области экологии и охраны окружающей среды в соответствии с ГОСТами, источники выделения вредных веществ на карьерах.

Дан порядок определения баланса вредностей от внутренних и внешних источников вредных выбросов комплекса современного оборудования и процессов открытых горных работ на основе удельных показателей их выделения от источников выбросов вредных веществ в атмосферу и в водоемы.

Рассматриваются методики определения уровня загрязнения атмосферы карьера с учетом различных природоохранных мероприятий и экономическая оценка ущерба от воздействий, оказываемых технологическим оборудованием открытых горных работ на окружающую среду.

© КузГТУ, 2016

© В. Л. Мартьянов, составление, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	7
Вопросы для самоконтроля.....	13
2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНОСТЕЙ НА КАРЬЕРАХ..	14
2.1. Бурение.....	14
2.2. Взрывание	15
2.3. Погрузочно-разгрузочные работы	16
2.4. Транспортирование.....	16
2.5. Отвалообразование	17
Вопросы для самоконтроля.....	18
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛАНСА ВРЕДНОСТЕЙ В АТМОСФЕРЕ КАРЬЕРА ОТ ВНУТРЕННИХ И ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА.....	19
3.1. Расчет валовых выбросов вредных веществ при буровых работах.....	19
3.1.1. Масса пыли, выделяющейся при бурении скважин	19
3.1.2. Для группы однотипных станков, работающих в одинаковых условиях эксплуатации	21
3.1.3. Максимальный из разовых выбросов вредных веществ при бурении скважин.....	21
3.1.4. Масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС)	21
3.2. Расчет валовых выбросов вредных веществ при взрывных работах.....	21
3.2.1. Масса вредных газов (оксид углерода, оксиды азота), выбрасываемых с пылегазовым облаком (ПГО)	22
3.2.2. Масса вредных газов, оставшихся во взорванной горной массе (ГМ) и постепенно выделяющаяся в атмосферу.....	22
3.2.3. Расчет общей массы вредных газов, выделившихся при взрыве (по условной СО)	23
3.2.4. Масса твердых частиц (пыли), выбрасываемых с ПГО	23

3.2.5. Суммарная масса вредных веществ, выделившихся при взрыве.....	25
3.3. Расчет валовых выбросов вредных веществ при выемочно-погрузочных работах	25
3.3.1. Масса пыли, выделяющейся при работе одноковшовых экскаваторов	27
3.3.2. Масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) экскаваторов.....	28
3.3.3. Масса вредных веществ, выделяющихся при добыче полезных ископаемых роторными экскаваторами.....	29
3.4. Расчет валовых выбросов вредных веществ при транспортировании горной массы	32
3.4.1. Масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС)	32
3.4.2. Масса выбросов вредных веществ при движении транспортных средств.....	35
3.5. Расчет валовых выбросов вредных веществ на перегрузочных пунктах и отвалах.....	38
3.5.1. Масса валовых выбросов вредных веществ на перегрузочных пунктах	38
3.5.2. Масса выбросов вредных веществ на отвалах	40
Вопросы для самоконтроля.....	44
4. РАСЧЕТ ВАЛОВЫХ СБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДОЕМЫ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ	45
4.1. Общая масса годового сброса i-ой примеси в водоемы	45
Вопросы для самоконтроля.....	46
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ КАРЬЕРА С УЧЕТОМ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	47
Вопросы для самоконтроля.....	48
6. ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ОКАЗЫВАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	50
6.1. Ущерб, причиняемый годовыми выбросами вредных веществ в атмосферу, для всякого источника.....	50
6.2. Величина ущерба, наносимого водным объектам технологическим оборудованием угольных разрезов	52

6.3. Величина ущерба, причиняемого нарушенными землями окружающей среде	54
Вопросы для самоконтроля.....	56
ЛИТЕРАТУРА.....	57

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум представляет собой методику определения баланса воедностей в атмосфере карьера от внутренних и внешних источников загрязнения посредством расчета вредных выбросов (сбросов) всего комплекса современного оборудования открытых горных работ, которая включает также определение уровня загрязнения атмосферы карьера в целом с учетом различных природоохранных мероприятий и экономическую оценку ущерба от воздействий, оказываемых технологическим оборудованием открытых горных работ на окружающую среду.

Практикум разработан с целью изучения студентами используемой в настоящее время методологической основы по определению выбросов (сбросов) вредных веществ при работе различного оборудования открытых горных разработок. Он определяет порядок расчета массы вредных веществ для всего комплекса оборудования открытых горных работ на основе удельных показателей их выделения от источников выбросов вредных веществ в атмосферу и водоемы.

Методика, изложенная в лабораторном практикуме, применяется горными предприятиями и территориальными комитетами по охране природы, специализированными организациями, проводящими работы по оценке, нормированию выбросов и контролю за соблюдением установленных нормативов ПДВ (предельно допустимых выбросов), проектными институтами. Результаты расчетов достоверно могут быть использованы при учете и нормировании выбросов вредных веществ от комплекса оборудования открытых горных работ, а также в экспертных оценках для определения экологических характеристик оборудования.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В лабораторном практикуме приводятся термины и определения в области экологии и охраны окружающей среды (табл. 1.1). При составлении таблицы 1.1 использовались ГОСТ17.2.1.04-77; ГОСТ17.2.1.02-76; ГОСТ25150-82, ГОСТ 11091.630.6-81 [25–29].

Таблица 1.1

Термины, определения и пояснения

Термин	Определение	Пояснения и примечания
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 или вредность (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»
Загрязнение атмосферы	Изменение состава атмосферы в результате наличия в ней примеси	

Термин	Определение	Пояснения и примечания
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 выделения вредных веществ (источник выделения)	Технологическое оборудование (машины, агрегаты и др.) или технологические процессы (бурение, взрывание, экскавация и погрузка, перемещение грузов и др.), от которых в ходе производственного цикла отторгаются вредные вещества, а также места хранения сыпучих или жидких веществ, карьеры, отвалы, от которых под воздействием метеорологических факторов отторгаются вредные вещества. Источники выделения в зависимости от того, оснащены ли они специальными газоотводными устройствами, подразделяются на организованные и неорганизованные	Выбросы вредных веществ в зависимости от источника выделения также делятся на организованные и неорганизованные [1]

Термин	Определение	Пояснения и примечания
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])
<i>Концентрация вредного вещества:</i>		
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 ³ или 1 л воды	
Неорганизованный источник выделения вредных веществ (неорганизованный источник)	Источник выделения, от которого вредные вещества, не проходя устройства, задающие скорость и место выброса, поступают напрямую в атмо-	Для расчетов поля концентраций вредных веществ и норм ПДВ источники подразделяются на точечные, линейные, площадные. Эта класси-

Термин	Определение	Пояснения и примечания
	сферу (вне помещения или через проемы помещений, не оборудованных системой вентиляции). Это технологические процессы, операции, оборудование, места хранения сыпучих и жидких веществ, нарушения герметичности оборудования, снабженного системой газоотводов, и нарушение герметичности самих газоотводов и др.	фикация 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
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 карьера, промышленной площадки	
Вскрышные породы	Горные породы, покрывающие и вмещающие полезное ископаемое, подлежащее выемке и перемещению как отвальный грунт в процессе открытых горных работ	
Пробеговый выброс	Показатель, характеризующий количество вещества, поступившего в атмосферу из системы выпуска двигателя автомобиля, мотоцикла, мотороллера, мопеда, мотовелосипеда, отнесенное к единице пройден-	

Термин	Определение	Пояснения и примечания
	ного пути	
Отработавшие газы двигателя автомобиля	Смесь газов с примесью взвешенных частиц, удаляемая из цилиндров или камер сгорания двигателя автомобиля	
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]
<i>Сточные воды:</i>	Воды, которые отводятся за пределы производственных помещений, горных выработок, промплощадок предприятий, городов и поселков после использования их в производственных или бытовых процессах	
а) загрязненные	Воды, состав и свойства которых не позволяют использовать их для различных нужд или сбрасывать в водные объекты без предварительной обработки	
б) недостаточно очищенные	Воды, не обладающие требуемыми свойствами и составом после проведения специальной обработки	
в) 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	

Термин	Определение	Пояснения и примечания
г) 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	
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	
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]

Вопросы для самоконтроля

1. Как характеризуются валовые выбросы и выделения вредных веществ?
2. Что такое вредное вещество или вредность?
3. Что представляют собой источники выброса и выделения вредностей?
4. Каким образом определяются термины концентрации вредного вещества для атмосферы и сточных вод?
5. Что такое неорганизованный источник вредных веществ?
6. Как определяются охрана атмосферы и вод?
7. Что такое предельно допустимая концентрация вредного вещества?
8. Что означает термин пробеговый выброс?
9. Что такое удельное выделение вредного вещества?
10. Что означает условленное вредное вещество?

2. ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ИСТОЧНИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВРЕДНОСТЕЙ НА КАРЬЕРАХ

Разработка месторождений полезных ископаемых открытым способом оказывает влияние на все важнейшие компоненты, составляющие среду обитания человека: атмосферу, гидросферу, литосферу. Влияние это неоднозначно и зависит от множества факторов, главным из которых является пылегазообразование. Основными источниками пылегазообразования на карьерах являются: буровые станки, взрывы, экскаваторы, автосамосвалы, локомотивосоставы, бульдозеры, конвейеры, отвалообразователи, дробильные и сортировочные установки, перегрузочные пункты, автодороги, внутренние и внешние отвалы.

2.1. 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 электрическими станками шарошечного бурения или станками с погруженным пневмоударником 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, например при бурении скважин диаметром 320 мм, при сетке скважин 8×8 м, объем запыленного воздушного пространства приходящийся на каждый кубический метр подготовленной к взрыву породы составит $8000 \div 10000 \text{ м}^3$ (при этом концентрация пыли в воздухе составляет 50 мг/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 снова может быть поднята в атмосферу сильным ветром или взрывными работами.

Другой распространенный способ бурения – шнековый 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.

Современные буровые станки, вне зависимости от способа бурения (шарошечного, с погруженным пневмоударником или шнекового) оснащаются автономным приводом – дизельными двигателями. Загрязнение атмосферы карьера в этом случае, кроме пылеобразования, происходит также за счет выброса вредных веществ при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания. При этом в атмосферу с отработавшими газами поступают вредные аэрозольные и газообразные компоненты.

2.2. Взрывание

Массовый взрыв на карьере является мощным периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и газов. В настоящее время заряд массового взрыва достигает 800–1200 т и более, а количество взорванной горной массы за один взрыв достигает 6–8 млн т. По данным замеров установлено, что удельное количество пыли при этом изменяется в диапазоне 30–160 г/м³ [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 остается во взорванной горной массе (около одной трети) и затем выделяется в атмосферу, загрязняя район взорванного блока и прилегающие к нему участки. Выделившаяся пыль, выпадая из пылегазового облака, оседает на уступах, рабочих площадках, на площадях вблизи разреза и в близлежащих поселках, являясь в дальнейшем источником пылевыведения. А при атмосферных осадках образует так называемые дождевые загрязненные сточные воды. Растворение взрывчатых веществ, применяемых при взрывных работах на разрезах, поверхностными и подземными карьерными водами приводит к увеличению концентрации NO_x в производственных водах горного предприятия.

2.3. Погрузочно-разгрузочные работы

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

Концентрация пыли при выемочно-погрузочных работах, так же как и при буровзрывных, зависит от крепости и естественной влажности горных пород. Результаты замеров концентрации пыли в кабине машиниста и в забое на 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 существенно большей ветровой активности в зимний период. На увеличение запыленности зимой влияет также частое осыпание смерзшихся кусков породы с верхней части забоя.

В настоящее время на карьерах широко применяются гидравлические экскаваторы (прямые и обратные гидролопаты). Эти экскаваторы, как и современные буровые станки, имеют автономные дизельные двигатели и также за счет выброса вредных веществ при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания, кроме пылеобразования, загрязняют атмосферу карьеров.

2.4. 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 пылью 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^3 .

При работе автомобильного и железнодорожного (с применением тепловозов и тяговых агрегатов) 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_x – сумма NO и NO_2 в пересчете на NO_2 ; оксид углерода (II) – CO ; углеводороды CH – пары несгоревшего топлива и смазочного масла в пересчете на $\text{CH}_{1,88}$; частицы – твердый фильтрат (углерод) C и аэрозоли несгоревшего топлива и смазочного масла. К ненормируемым вредным веществам относятся: оксиды серы SO_x – сумма SO_2 и SO_3 в пересчете на SO_2 .

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

2.5. Отвалообразование

Выброс вредных веществ, в частности пыли, при отвалообразовании вскрышных пород осуществляется, вне зависимости от способов отвалообразования, различными источниками как точечными и линейными, так и плоскостными.

Точечные источники – экскаваторы, бульдозеры, абзетцеры и др. При их работе выделяется значительное количество пыли, причем при экскаваторном способе отвалообразования запыленность воздуха существенно выше, чем при бульдозерном.

Линейные источники – конвейеры, железнодорожные составы, автодороги, по которым движутся самосвалы и другой технологический транспорт.

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

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные источники выделения вредных веществ сопутствуют технологическим процессам открытых горных работ?

2. Что является источником выделения вредных веществ при бурении скважин?

3. Массовый взрыв на карьере является мощным постоянным или периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и вредных газов?

4. От чего зависит концентрация пыли при производстве выемочно-погрузочных работ?

5. Каким образом проявляется негативное воздействие на окружающую среду существующих видов карьерного транспорта?

6. Какие основные источники вредностей при работе железнодорожного, автомобильного и конвейерного видов транспорта?

7. Зависит ли выброс пыли от способа отвалообразования вскрышных пород?

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛАНСА ВРЕДНОСТЕЙ В АТМОСФЕРЕ КАРЬЕРА ОТ ВНУТРЕННИХ И ВНЕШНИХ ИСТОЧНИКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА

3.1. Расчет валовых выбросов вредных веществ при буровых работах

3.1.1. Масса пыли, выделяющейся при бурении скважин

Масса пыли, которая выделяется при бурении скважин, рассчитывается по формуле

$$m_{\text{пб}} = \sum Q_{\text{оп}i} \cdot q_i \cdot T_i \cdot K_2 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год},$$

где $Q_{\text{оп}i}$ – объемная производительность i -го станка по выбуриванию породы из скважины, $\text{м}^3/\text{ч}$; q_i – удельное пылевыведение с 1 м^3 выбуренной породы i -м станком, $\text{кг}/\text{м}^3$ (табл. 3.1.1, 3.1.2); T_i – чистое время работы бурового станка в год, $\text{ч}/\text{год}$; $i = 1, 2, \dots, n$ – общее число работающих станков на разрезе; K_2 – коэффициент, учитывающий влажность материала.

Величина $Q_{\text{оп}i}$ для любого типа станков может быть получена из показателей технической (линейной) производительности по формуле

$$Q_{\text{оп}i} = Q_{\text{лп}} \cdot \pi \cdot d^2 / 4 \approx 0,785 \cdot Q_{\text{лп}} \cdot d^2, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $Q_{\text{лп}}$ – техническая производительность станка, $\text{м}/\text{ч}$; d – диаметр скважины, м .

Величина $Q_{\text{лп}}$, 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

$$Q_{\text{лп}} = 60 / (t_0 + t_b) = 60 / (60 / v_b + t_b), \text{ м}/\text{ч},$$

где t_0 – время бурения 1 м скважины, $\text{мин}/\text{м}$; t_b – удельное время вспомогательных операций при бурении, $\text{мин}/\text{м}$; v – скорость бурения, $\text{м}/\text{ч}$.

Таблица 3.1.1

Удельное пылевыведение при работе буровых станков

Типы станков	Средняя объемная производительность, м ³ /ч, при крепости пород по шкале профессора М. М. Протодьяконова					Средства подавления или улавливания пыли	Удельное пылевыведение, кг/м ³				
							Породы угольных месторождений				
							Угли	Известняки, углистые сланцы, конгломераты	Алевролиты, аргиллиты, слабосцементированные известняки	Алевролиты плотные, аргиллиты средней плотности, колчеданы	Песчаники крепкие, доломиты плотные, аргиллиты плотные, аргиллиты весьма плотные, амфиболиты
f = 1-2	f = 2-4	f = 4-6	f = 6-8	f = 8-10	f = 1-2	f = 2-4	f = 4-6	f = 6-8	f = 8-10		
СБШ-200	1,46	1,41	1,21	0,98	0,83	ВВП*	0,5	0,6	0,9	1,4	2,4
						УСП*	0,7	0,8	1,3	2,0	3,4
						БСП*	15,5	20,0	32,0	49,5	84,5
СБШ-250	2,18	2,02	1,80	1,50	1,29	ВВП	0,4	0,5	0,7	1,1	1,9
						УСП	0,5	0,6	0,9	1,3	2,4
						БСП	14,0	18,0	23,5	35,5	61,0
СБШ-320	4,07	3,61	3,161	2,65	2,29	ВВП	0,5	0,6	0,9	1,4	2,4
						УСП	0,6	0,8	1,3	1,8	3,1
						БСП	13,5	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 3.1.2

Удельное пылевыведение при работе буровых станков

Типы станков	Средняя объемная производительность, м ³ /ч, при крепости пород по шкале профессора М. М. Протодьяконова					Средства подавления или улавливания пыли	Удельное пылевыведение, кг/м ³				
							Породы угольных месторождений				
							Сланцы	Безрудные роговики	Магнетитовые роговики	Магнетитовые роговики	Плотные магнетитовые роговики
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	1,46	1,41	1,21	0,98	0,83	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	2,18	2,02	1,80	1,50	1,29	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	4,07	3,61	3,161	2,65	2,29	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

3.1.2. Для группы однотипных станков, работающих в одинаковых условиях эксплуатации

Масса пыли определяется по формуле

$$m_{\text{пб}} = Q_{\text{опи}} \cdot q_i \cdot T_i \cdot n_{\text{ст}} \cdot 10^{-6}, \text{ т/ГОД,}$$

где $n_{\text{ст}}$ – общее количество однотипных станков.

3.1.3. Максимальный из разовых выбросов вредных веществ при бурении скважин

Масса пыли рассчитывается по формуле

$$m_{\text{бпр}} = Q_{\text{опи}} \cdot q_i / 3600, \text{ г/с.}$$

3.1.4. Масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС)

Масса валовых выбросов вредных газов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания при работе современных буровых станков рассчитывается по методике аналогичной, как и для бульдозеров.

3.2. Расчет валовых выбросов вредных веществ при взрывных работах

Основными вредными газами взрыва промышленных ВВ являются оксид углерода СО и оксиды азота No_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$). Загрязнение окружающей среды происходит за счет выделения 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 крепо-

сти 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 гранулотола 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 угольных 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.

3.2.1. Масса вредных газов (оксид углерода, оксиды азота), выбрасываемых с пылегазовым облаком (ПГО)

Масса вредных газов, выбрасываемых с пылегазовым облаком [10] рассчитывается по формуле

$$m_{г1} = \Sigma q_{удi} \cdot K \cdot A \cdot 10^{-6}, \text{ т,}$$

где K – переводной коэффициент, зависящий от определяемого вредного газа (для CO : $K = 1,25$ г/л, для NO_x : $K = 1,4$ г/л); $q_{удi}$ – удельное содержание вредных газов в ПГО при взрыве 1 кг взрывчатых веществ (ВВ) л/кг (табл. 3.2.1); A – количество взрывающегося ВВ, кг.

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

Масса вредных газов, оставшихся во взорванной горной массе находится по формуле

$$m_{г2} = \Sigma C_{гmi} \cdot Q_{гм} \cdot 10^{-9}, \text{ т,}$$

где $C_{ГМi}$ – концентрация вредного газа во взорванной горной массе, мг/м³; $Q_{ГМ}$ – объем взорванной горной массы, м³.

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

где $q_{ГМi}$ – удельное содержание вредных газов в отбитой горной массе (ГМ) в зависимости от крепости пород и рецептуры ВВ, л/кг (табл. 3.2.1); K_p – 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.

3.2.3. Расчет общей массы вредных газов, выделившихся при взрыве (по условной СО)

Общая масса вредных газов находится по формуле

$$M_{Г} = m_{Г1CO} + m_{Г2CO} + (m_{Г1NOx} + m_{Г2NOx}) \cdot 6,5, \text{ мг/м}^3,$$

где 6,5 – переводной коэффициент к СО.

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

Данная величина определяется по формуле

$$m_{п} = q_{п} \cdot Q_{ГМ} \cdot 10^{-3}, \text{ т},$$

где $q_{п}$ – удельное пылевыведение из 1 м³ горной массы в зависимости от крепости пород и рецептуры ВВ:

- для эмульсионных ВВ при $f = 5-6$: $q_{п} = 0,02$ кг/м³;
- для ВВ не содержащих воды:

Крепость пород (f)	2–4	4–6	8–10	12–14
$q_{п}$, кг/м ³	0,03	0,04	0,06–0,08	0,09–0,11

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

ВВ	Коэффициент крепости	Вредные вещества						
		ПГО ($q_{вд}$)		ПГО ($q_{гм}$)		Всего		
		СО	NO _x	СО	NO _x	СО	NO _x	СО _{усл}
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	3,8	0,93	13,0	3,38	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
	2–5	5,3	6,9	2,3	2,9	7,6	9,8	71,3
Граммонит 50/50	13–15	23,6	2,0	9,6	0,82	33,2	2,82	51,5
	12–13	21,3	2,3	9,5	1,04	30,8	3,34	52,4
Гранулотол	16–18	52,0	1,5	18,2	0,52	70,2	2,02	83,1
	14–16	47,2	2,0	18,2	0,81	65,4	2,91	84,4
	13–15	41,0	1,8	16,8	0,74	57,0	2,34	74,3
	12–14	36,0	2,2	16,2	0,99	52,2	3,19	72,8
Игданит* Гранулит С-6М	8–10	9,0	4,5	3,8	1,3	12,8	5,8	50,5
	5–7	7,6	5,0	2,3	2,2	9,9	7,2	56,7
	2–4	6,0	6,7	1,8	2,6	8,6	8,7	65,0
Гранулит УП, УПН	8–10	21,0	4,6	9,0	1,9	30,0	6,5	72,2
	5–7	15,0	7,0	6,4	3,0	21,0	10,0	86,0
	2–4	12,1	8,2	5,1	3,5	17,1	11,7	93,0
Эмульсионные ВВ**		3,3	0,8	1,4	0,4	4,7	1,2	12,5

*Данные относятся к игданиту на пористой селитре или с загустителями.

**Данные испытаний ВостНИИ эмульсионных ВВ: порэмита-1 и аналогичной рецептуры эмульсита. Эти итоговые результаты разнесены по ПГО и ГМ в тех же соотношениях, что и для ВВ других рецептов: 70 %газов; – в ПГО и 30 % – в ГМ. Влияние прочности 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.

3.2.5. Суммарная масса вредных веществ, выделившихся при взрыве

Суммарная масса вредных веществ находится по формуле

$$M_{\Gamma} = m_{\Gamma 1} + m_{\Gamma 2} + m_{\Pi}, \text{ т.}$$

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

3.3. Расчет валовых выбросов вредных веществ при выемочно-погрузочных работах

Экскаваторные работы на карьерах сопровождаются значительным пылевыведением. На интенсивность пылевыведения оказывают влияние объем одновременно разгружаемой породы (емкость ковша экскаватора), 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 воздуха в рабочей зоне карьера [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. Использование искусственного сброса пород с уступа при работе драглайнов также увеличивает запыленность воздуха.

Оборудование, работающее на выемочно-погрузочных работах, отличается многообразием и широким диапазоном технологических и эксплуатационных качеств. На предприятиях открытых горных работ используется оборудование цикличного и непрерывного действия. К основному оборудованию цикличного действия относятся механические и гидравлические лопаты, а также бульдозеры. К основным машинам непрерывного действия относятся роторные экскаваторы.

В приводимой методике рассматриваются машины, действующие или намечаемые к выпуску в ближайшем будущем. Для образцов техники, снятых с производства, но работающих на карье-

рах, удельные показатели для расчета вредных выбросов следует принимать по аналогии с указанными машинами.

В табл. 3.3.1 приведены данные по удельному выделению твердых частиц (пыли) отгружаемого (перегружаемого) материала при работе различных современных типов применяемого оборудования.

Таблица 3.3.1

**Удельное пылевыведение экскаваторов
при работе в забое и на отвале**

Наименование оборудования	Удельное пылевыведение ($q_{уд}$, г/м ³ – для вскрышных пород, $q_{уд}$, г/т – для угля) в зависимости от крепости пород f						
	порода					уголь	
	2	4	6	8	10	1	2
Одноковшовые экскаваторы*							
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	–	–
Роторные экскаваторы							
ЭРГ-1250 ОЦ	–	–	–	–	–	20	28
ЭРГ-1250	–	–	–	–	–	20	28
ЭРП-2500	–	–	–	–	–	11	15
ЭРП-5250	–	–	–	–	–	7	8
Экскаваторы на отвале							
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, 20.90	14,1	19,7	27,9	41,8	–	–	–
ЭШ-25.100, 30.120	14,1	19,7	27,9	41,8	–	–	–
ЭШ-65.100, 80.100	14,7	20,5	29,1	43,5	–	–	–
ОШС 4000/125($f = 1-1,8$)	9...18	–	–	–	–	–	–

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

3.3.1. Масса пыли, выделяющейся при работе одноковшовых экскаваторов

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-перегрузочных 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

$$m_{\text{эп1}} = q_{\text{уд}} \cdot (3,6 \cdot \gamma \cdot E \cdot K_3 / t_{\text{ц}}) \cdot T_{\text{ч}} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ т/год},$$

где $q_{\text{уд}}$ – удельное выделение твердых частиц (пыли) с 1 т отгружаемого (перегружаемого) материала, г/т (табл. 3.3.1); γ – плотность пород, т/м³; E – вместимость ковша экскаватора, м³; $T_{\text{ч}}$ – чистое время работы экскаватора в год, ч.; K_3 – коэффициент экскавации (табл. 3.3.2); $t_{\text{ц}}$ – время цикла экскаватора, с; K_1 – коэффициент, учитывающий скорость ветра, (м/с), определяется по наиболее характерному, преобладающему для данной местности значению скорости ветра [12]; K_2 – коэффициент, учитывающий влажность материала [13].

Значения коэффициента K_1

Скорость ветра, м/с	до 2	2,1–5	5,1–7	7,1–10	10,1–12	12,1–14	14,1–16
K_1	1,0	1,2	1,4	1,7	2	2,3	2,6

Значения коэффициента K_2

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
K_2	2,0	1,5	1,3	1,2	1,0	0,7	0,3	0,2	0,1

Максимальный из разовых выбросов вредных веществ при погрузочных работах одноковшовым экскаватором

$$m_{\text{эп1}} = q_{\text{уд}} \cdot \gamma \cdot E \cdot K_3 \cdot K_1 \cdot K_2 / (1 / 3t_{\text{ц}}), \text{ г/с}.$$

**Коэффициенты разрыхления горной массы и экскавации
(по ЕНВ 1989 г.) [14]**

Категория пород по трудности экскавации	Плотность породы в массиве, т/м ³	Коэффициенты		
		разрыхления горной массы	экскавации	
			Прямая лопата	Драглайн
I	1,6	1,15	0,91	0,87
II	1,8	1,25	0,84	0,80
III	2,0	1,35	0,70	0,67
IV	2,5	1,50	0,60	0,57
V	3,5	1,65	0,57	0,55

3.3.2. Масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) экскаваторов

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

В среднем дизельный двигатель гидравлического экскаватора 60–70 % чистого времени смены работает при полной мощности (выемка и погрузка горной массы), часть времени использует на вспомогательных работах, таких как оборка уступа, зачистка, подчистка забоя подъезда и др. (20–10 %), а 20 % времени – работает на холостом ходу.

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

$$m_{бгi} = (q_{вдi} \cdot t_{хх} + q_{вдi} \cdot t_{20-10\%} + q_{вдi} \cdot t_{100\%}) \cdot T_{см} \cdot N_6 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год.}$$

Суммарная масса вредных веществ, выделяющихся при работе двигателя экскаватора

$$m_{бг} = \sum m_{бгi}, \text{ т/год,}$$

где $q_{вдi}$ – удельный выброс *i*-го вредного вещества при работе двигателя в соответствующем режиме, кг/ч, $t_{хх}$, $t_{20-10\%}$, $t_{100\%}$ – время работы двигателя в течение смены, соответственно на холостом ходу, при частичном использовании мощности двигателя, %:

$$t_{xx} = (t_1 / 100) \cdot t_{cm}, \text{ ч,}$$

где t_1 – процентное распределение времени работы двигателя на различных нагрузочных режимах (для работы на холостом ходу 20 %); t_{cm} – чистое время работы экскаваторов смену, ч; T_{cm} – число смен работы экскаваторов году; N_6 – число гидравлических экскаваторов.

Время работы двигателя $t_{20-10\%}$ и $t_{100\%}$ определяются аналогично.

Масса оксидов серы SO_2 , 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.

3.3.3. Масса вредных веществ, выделяющихся при добыче полезных ископаемых роторными экскаваторами

Масса вредных веществ, выделяющихся при работе роторного экскаватора

$$m_{32} = q_{уд} \cdot 3,6 \cdot \gamma \cdot E \cdot n_c \cdot T_r \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-4} / K_p, \text{ т/ГОД,}$$

где n_c – частота ссыпок (частота чередования режущих поясов), мин^{-1} .

Максимальный из разовых выброс вредных веществ при работе роторного экскаватора

$$m_{p32} = q_{уд} \cdot \gamma \cdot E \cdot n_c \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-2} / K_p, \text{ г/с.}$$

3.3.4. Масса вредных веществ, выделяющихся при работе бульдозеров

Для зачистки кровли пластов полезного ископаемого, планировки площадок, для послышной 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

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

где $q_{\text{уд}}$ – удельное выделение твердых частиц с 1 т перемещаемого материала, г/т (табл. 3.3.3); $t_{\text{см}}$ – чистое время работы бульдозера в смену, ч; V – объем призмы волочения, м^3 ; $t_{\text{цб}}$ – время цикла, с; $n_{\text{см}}$ – количество смен работы бульдозера в год.

Таблица 3.3.3

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

Марка бульдозера	Выделение пыли при крепости пород, г/т					
	Уголь		Порода			
	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

Максимальный из разовых выброс вредных веществ при разработке пород или отвалообразовании бульдозером

$$m_{\text{бпр}} = q_{\text{уд}} \cdot \gamma \cdot V \cdot K_1 \cdot K_2 / t_{\text{цб}} \cdot K_p, \text{ г/с}.$$

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

$$m_{\text{бт}i} = (q_{\text{уд}i} \cdot t_{\text{хх}} + q_{\text{уд}i} \cdot t_{40\%} + q_{\text{уд}i} \cdot t_{100\%}) \cdot T_{\text{см}} \cdot N_6 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год}.$$

Суммарная масса вредных веществ, выделяющихся при работе двигателя бульдозера

$$m_{\text{бт}} = \sum m_{\text{бт}i}, \text{ т/год},$$

где q_{vdi} – удельный выброс i -го вредного вещества при работе двигателя в соответствующем режиме, кг/ч (табл. 3.3.4), t_{xx} , $t_{40\%}$, $t_{100\%}$ – время работы двигателя в течение смены, соответственно на холостом ходу, при частичном использовании мощности двигателя, %:

$$t_{\text{xx}} = (t_1 / 100) \cdot t_{\text{см}}, \text{ ч},$$

где t_1 – процентное распределение времени работы двигателя на различных нагрузочных режимах (20 %); $t_{\text{см}}$ – чистое время работы бульдозера в смену, ч; $T_{\text{см}}$ – число смен работы бульдозера в году; N_6 – число бульдозеров.

Время работы двигателя $t_{40\%}$ и $t_{100\%}$ определяются аналогично.

Таблица 3.3.4

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)*	СО	0,137	0,205	0,342
	NO _x	0,054	0,351	0,133
	СН	0,072	0,214	0,275
	С	0,003	0,019	0,044
ДЗ-35С (150)	СО	0,158	0,396	0,238
	NO _x	0,061	0,153	0,398
	СН	0,137	0,239	0,308
	С	0,006	0,030	0,061
ДЗ-118 (250)	СО	0,201	0,504	0,302
	NO _x	0,079	0,198	0,515
	СН	0,180	0,315	0,415
	С	0,017	0,049	0,112

*В скобках указан тяговый класс, кН.

Масса оксидов серы SO₂, 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.

3.4. Расчет валовых выбросов вредных веществ при транспортировании горной массы

3.4.1. Масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС)

Сжигание топлива на карьерах в ДВС происходит в автосамосвалах, дизель-троллейвозах, тепловозах, тяговых агрегатах, бульдозерах и т. д.

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:

– *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 участкам трассы;

б) для дизель-троллейвоза и тягового агрегата – при движении груженого дизель-троллейвоза (поезда) по горизонтальным участкам в забое и на отвале;

– *частичное* (приблизительно 50 %) 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

$$m_{ат} = \sum m_{ати}, \text{ т/год},$$

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:

$$m_{ати} = m_{ик} \cdot n_{год} \cdot N_{ар} \cdot k_t \cdot k_1 \cdot 10^{-3}, \text{ т/ГОД},$$

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 машины в году; $N_{ар}$ – число работающих автосамосвалов (локомотивосоставов); k_t – коэффициент влияния климатических условий работы: для автомобилей, согласно [16], принимается равным 1; для тепловозов, согласно [12], принимается равным 0,8 севернее 60° 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

$$m_{ик} = \Sigma q_{ик} \cdot t_k, \text{ кг/сут},$$

где $q_{ик}$ – удельный выброс i -го вредного вещества при работе двигателя на k -м режиме для двигателей тепловозов и тяговых агрегатов (табл. 3.4.1) и для дизельных двигателей автомобилей (табл. 3.4.2); 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. 3.4.3, 3.4.4) и суммарного времени работы машины в сутки.

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

$$m_{атр} = m_{ик} \cdot N_{ар} / 24 \cdot 3,6, \text{ г/с}.$$

Таблица 3.4.1

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 % мощности	Максимальная мощность
ОПЭ-1 (14ДГУ-2)	СО	0,442	1,603	2,714
	NO _x	0,383	6,105	10,829

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 % мощности	Максимальная мощность
ТЭМ-7, ТЭМ-7А (12-26ДГ)	СН	0,081	0,642	1,085
	С	0,027	0,208	0,353
	СО	0,424	1,508	2,574
	NO _x	0,313	6,139	10,666
	СН	0,034	0,603	1,070
	С	0,011	0,193	0,347

Таблица 3.4.2

Удельные выбросы вредных веществ 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)	СО	0,160	0,219	0,519
	NO _x	0,115	0,963	1,767
	СН	0,044	0,087	0,161
	С	0,005	0,024	0,052
БелАЗ-7548 (ЯМЗ-8401.10-02) (42 т)	СО	0,190	0,261	0,617
	NO _x	0,130	1,148	2,105
	СН	0,052	0,104	0,192
	С	0,009	0,034	0,052
БелАЗ-7549 (6ДМ-21А) (80 т)	СО	0,371	0,488	0,895
	NO _x	0,254	2,148	3,398
	СН	0,098	0,195	0,358
	С	0,017	0,053	0,116
БелАЗ-7513 (8ДМ-21А) (120 т)	СО	0,494	1,081	1,108
	NO _x	0,363	2,660	4,876
	СН	0,121	0,242	0,443
	С	0,023	0,079	0,144
БелАЗ-75215 (12ЧН1А26/26) (180 т)	СО	0,874	1,413	1,961
	NO _x	0,642	4,706	8,605
	СН	0,214	0,427	0,804
	С	0,069	0,139	0,255
Дизель-троллейвоз на базе БелАЗ-7512	СО	0,350	0,834	1,053
	NO _x	0,239	2,280	3,914
	СН	0,114	0,213	0,330

Таблица 3.4.3

**Процентное распределение времени работы двигателей
при различных нагрузочных режимах**

Вид транспорта	Режим работы двигателя		
	Холостой ход	50 % мощности	Максимальная мощность
Автомобили	33–41	18–14	49–45
Дизель-троллейвоз на базе БелАЗ-7512	40–55	30–20	30–25

Таблица 3.4.4

**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

**3.4.2. Масса выбросов вредных веществ
при движении транспортных средств**

Масса годового образования пыли на автодорогах при движении автомобилей

$$m_n = 2(q_{\text{ср.в}} \cdot K_5 \cdot L_v + q_{\text{ср.с}} \cdot K_5 \cdot L_c) \cdot n_{\text{ра}} \cdot N_{\text{ар}} \cdot 10^{-3}, \text{ т/год},$$

где K_5 – коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения автосамосвалов в карьере [13]; $q_{\text{ср.в}}$, $q_{\text{ср.с}}$ – удельное выделение пыли при прохождении одним автомобилем 1 км соответственно временной и стационарной дороги (табл. 3.4.5), кг/км; L_v , L_c – соответственно длина временных и стационарных дорог, км; $n_{\text{ра}}$ – число рейсов автосамосвала в год; $N_{\text{ар}}$ – число работающих автосамосвалов.

Значения коэффициента K_5

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

Максимальный из разовых выброс пыли при движении автомобилей

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

где $n_{ра}$ – число рейсов автосамосвала в t ч.

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

– *автосамосвалом или дизель-троллейвозом*

$$m_{тм} = q_{пн} \cdot S_a \cdot N_{ар} \cdot L_{тр} \cdot n_{рт} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/ГОД,}$$

где $q_{пн}$ – удельная масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м^2 поверхности горной массы, транспортируемой на расстояние 1 км , г/м^2 (табл. 3.4.6); S_a – площадь поверхности транспортируемого материала в кузове автосамосвалов, м^2 . Она составляет для автомобилей: БелАЗ-7548 – 17; БелАЗ-7540 – 14; БелАЗ-7549 – 31; БелАЗ-7512 – 42; БелАЗ-75215 – 52; дизель-троллейвоз на базе БелАЗ-7512 – 42; $L_{тр}$ – расстояние транспортирования, км ; $n_{рт}$ – число рейсов в год.

Таблица 3.4.5

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

Тип покрытия и дорога	Угольная пыль					Угольно-породная пыль					Породная пыль				
	БелАЗ 7540	БелАЗ 7548	БелАЗ 7549	БелАЗ 7512	БелАЗ 75215	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	0,59	0,69	0,82	1,17	1,44	0,36	0,42	0,59	0,79	1,04
Грунтощебеночное и грунтогравийное	0,92	1,08	1,28	1,94	2,74	0,86	1,01	1,20	1,44	1,94	0,53	0,61	0,72	0,99	1,31
Грунтовая на отвале	1,30	1,53	1,80	2,66	3,85	1,16	1,37	1,63	2,03	2,73	0,71	0,85	1,01	1,38	1,84
Грунтовая в забое	1,59	1,87	2,2	3,29	4,73	1,35	1,59	1,39	2,50	3,33	0,90	1,06	1,26	1,71	2,25

Примечание. При составлении табл. 3.4.5 использовалась формула интенсивности пылеобразования при движении автосамосвалов и график для определения коэффициента пылеобразующей способности покрытий автодорог, приведенные в работе [18].

**Удельная масса твердых частиц,
сдуваемых с 1 м² поверхности горной массы (г/м²км)**

Виды транспорта	Транспортируемый материал		Скорость движения транспортных средств, км/ч
	Уголь	Вскрыша	
Автомобильный	4,5–9	3–6	15–30
Железнодорожный	6,5–12	4–7	20–35

– железнодорожным транспортом

$$m_{ГМ} = q_{пш} \cdot S_{п} \cdot n_{в} \cdot N_{лс} \cdot n_{рлс} \cdot L_{тр} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где $S_{в}$ – площадь поверхности транспортируемого материала в вагоне. Значения этого показателя зависят от типов вагонов: ВС-60 – 33,4 м²; ВС-85 – 38,0; 2ВС-105 – 48,5; ВС-145 – 59,3; ПС-63 – 34,9; ПС-94 – 42,9; $n_{в}$ – число вагонов в поезде; $N_{лс}$ – число локомотивосоставов; $n_{рлс}$ – число рейсов локомотивосостава в год;

– конвейерным транспортом

$$m_{ГМ} = 3,6 \cdot q_{к} \cdot B \cdot L \cdot T_{год} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год},$$

где $q_{к}$ – удельная сдуваемость частиц с ленточного конвейера $3 \cdot 10^{-2}$ г/м²с [17]; $T_{год}$ – годовое количество рабочих часов; $L_{к}$ – длина конвейерной линии, м; B – ширина ленты конвейера, м.

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

$$m_{ТМР} = q_{пш} \cdot S \cdot N_{р} \cdot L_{тр} \cdot n_{р} \cdot K_1 \cdot K_2 / 3600, \text{ г/с},$$

где S – площадь поверхности транспортируемого материала (автосамосвалом, в вагонах локомотивосостава, м²); $n_{р,ч}$ – число рейсов транспортного средства в 1 ч.

Максимальный из разовых выброс пыли с поверхности транспортируемого материала конвейером

$$m_{ТМР} = q_{к} \cdot B \cdot L_{к} \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ г/с}.$$

3.5. Расчет валовых выбросов вредных веществ на перегрузочных пунктах и отвалах

3.5.1. 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.

При работе роторных комплексов, дробильно-перегрузочных пунктов все операции технологического процесса также сопровождаются пылевыведением.

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

$$m_p = \Sigma q_{уд} \cdot \Pi_n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot 10^{-6}, \text{ т/ГОД};$$

$$m_p = \Sigma q_{уд} \cdot Q_n \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

где n_1 – количество перегрузок горной массы; K_3 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий; составляет для складов, хранилищ открытых: с четырех сторон – 1,0; с трех сторон – 0,8; с двух сторон частично – 0,5; с одной стороны – 0,1; а закрытого с четырех сторон – 0,1; для забоя – 0,55; K_4 – коэффициент, учитывающий высоту разгрузки материала; $q_{уд}$ – удельное выделение твердых частиц отгружаемого(перегружаемого) материала, г/т (м^3) (табл. 3.5.1 – для автомобилей и думпкаров, табл. 3.5.2 – для самоходных дробильных установок) [19]; Π_n , Q_n – количество отгружаемого перегружаемого материала, т/год ($\text{м}^3/\text{год}$).

Значения коэффициента K_4

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

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

$$m_{p,p} = q_{уд} \cdot \Pi_q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / 3600, \text{ г/с};$$

$$m_{p,p} = q_{уд} \cdot Q_{ч} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 / 3600, \text{ см}^3/\text{с},$$

где $Q_{ч}$, $Q_{п}$ – количество отгружаемого (перегружаемого) материала, т/ч ($\text{м}^3/\text{ч}$).

Таблица 3.5.1

**Удельное пылевыведение
при разгрузке автосамосвалов и думпкаров**

Крепость пород	Удельное пылевыведение, г/т	
	Уголь	Порода
1,0	1,35	–
2,0	1,43	0,78
4,0	–	0,86
6,0	–	0,94
8,0	–	1,02
10,0	–	1,1

Таблица 3.5.2

**Удельное пылевыведение
при работе самоходных дробильных установок**

Марка установки	Средства пылеулавливания	Удельное пылевыведение, г/м ³
СДА-300	Без средств пылеулавливания	1,67–2,45
	С использованием пылеулавливающей установки	0,37–0,44
СДА-1000	Без средств пылеулавливания	2,4–5,1
	С использованием системы пылеулавливания	1,5–2,2
ДПА-2000	Без средств пылеулавливания	5,1–7,8
	С использованием системы пылеулавливания	1,3–1,7

3.5.2. 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, бульдозера и технологические поезда.

Масса вредных веществ, образующихся на отвалах вскрышных пород

$$m_{a.o} = m_{в.у} + m_{cot} \cdot S_{cot} + m_d \cdot S_d, \text{ т/год},$$

где $m_{в.у}$ – масса твердых частиц, выделяющаяся в зоне выгрузки и укладки пород, т/год; m_{cot} – масса твердых частиц, сдуваемая с 1 м² свежесыпанного отвала за год, т/год; S_{cot} – площадь свежесыпанного отвала, равная площади, отсыпаемой за год, м²; m_d – масса твердых частиц, сдуваемая с 1 м² дефлирующих поверхностей отвала, т/год; S_d – площадь дефлирующих поверхностей отвала, м².

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

$$m_{в.у(ж.д.а)} = (q_{уд.в} + q_{уд.ск}) \cdot Q_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где $q_{уд.в}$, $q_{уд.ск}$ – удельное выделение твердых частиц с 1 т породы, соответственно выгружаемой из транспортного средства (табл. 3.5.2) и складированной в отвал (табл. 3.3.1) г; Q_0 – объем породы транспортируемый на отвал, т/год.

При конвейерном транспорте укладка пород в отвал производится ленточным отвалообразователем. В этом случае масса вредных веществ, образующихся при отвалообразовании составит

$$m_{в.у(к)} = q_{уд.о} \cdot Q_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где $q_{уд.в}$ – удельное выделение твердых частиц с 1 т породы при формировании отвала отвалообразователем (табл. 3.3.1).

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

– *при автомобильном и железнодорожном транспорте*

$$m_{в.у.(ж.д.а)} = (q_{уд.в} + q_{уд.ск}) \cdot Q_{ч} \cdot K_1 \cdot K_2 / 3600, \text{ г/с},$$

где $Q_{ч}$ – объем породы, подаваемой в отвал за 1 ч (т/ч).

– *при конвейерном транспорте*

$$m_{в.у.(к)} = q_{уд.о} \cdot Q_{ч} \cdot K_1 \cdot K_2 / 3600, \text{ г/с}.$$

Масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м² свежееотсыпанного отвала

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

где q_0 – удельная сдуваемость твердых частиц с пылящей поверхности свежееотсыпанного отвала (табл. 3.5.3) [20] или дефлирующих поверхностей отвала, мг/м²·с; T_c – годовое количество дней с устойчивым снежным покровом.

Таблица 3.5.3

**Удельная сдуваемость пыли с поверхностей отвала
(скальные смешанные породы)**

Приземная скорость ветра м/с	Удельная сдуваемость, мг/м ² ·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

Масса твердых частиц, сдуваемых с 1 м² дефлирующих поверхностей отвала

$$m_{д} = 86,4 \cdot q_0 \cdot (365 - T_c) \cdot K_2 \cdot K_6 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год},$$

где K_6 – 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).

Площадь деформирующихся поверхностей отвала:

– при железнодорожном транспорте и экскаваторной укладке пород в отвал (рис. 3.5.1)

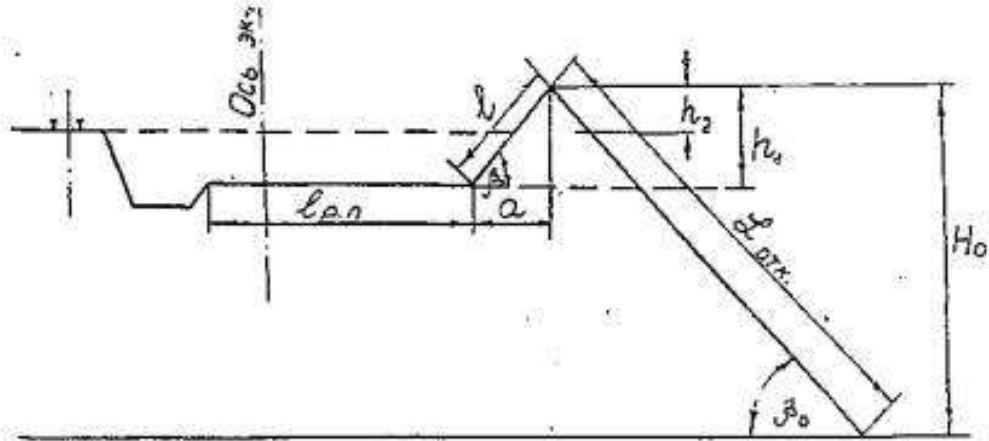


Рис. 3.5.1. Площадь деформирующихся поверхностей отвала при железнодорожном транспорте и экскаваторной укладке пород

$$S_{д(э)} = [(h_1 + H_0) / \sin\beta_0] \cdot L_0 + 2 \cdot [2a \cdot (H_0 - h_1) + a \cdot h_1 + (H_0 - h_1)^2 \cdot \operatorname{ctg}\beta_0 / 2],$$

где h_1 – высота верхнего подступа, м; H_0 – общая высота отвала, м; β_0 – угол откоса яруса; L_0 – длина отвала, м; a – половина ширины верхнего подступа, м.

– при автомобильном транспорте и бульдозерном отвалообразовании

$$S_{д(б)} = \alpha_r \cdot B_r + \sum 2h_r / \sin\beta_0 \cdot [(B_{Hr} + B_r) / 2 + (\alpha_{Hr} + \alpha_r) / 2] + \sum (\alpha_r \cdot B_r - \alpha_{H(r+1)}),$$

где α_r , B_r – размеры яруса в плане по его поверхности, м; r – порядковый номер яруса; $i = 1, \dots, R_{я}$ – количество ярусов; B_{Hr} , α_{Hr} – размеры яруса в плане по нижнему основанию, м.

– при конвейерном транспорте площадь деформирующей поверхности на горизонтальном основании

$$S_{д(к)} = (H_0 / \sin\beta_0 + A_0 \cdot \sin\beta_0 / \sin 2\beta_0) \cdot L_0 + \\ + 2 \cdot A_0 \cdot (H_0 - A_0 \cdot \sin^2\beta_0 / 2\sin 2\beta_0).$$

а) для одноярусных отвалов (рис. 3.5.2)

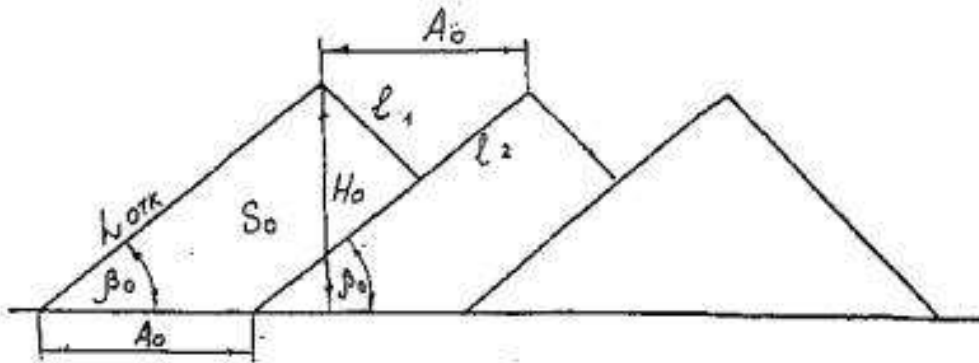


Рис. 3.5.2. Площадь деформирующихся поверхностей одноярусного отвала

б) для многоярусных отвалов (рис. 3.5.3)

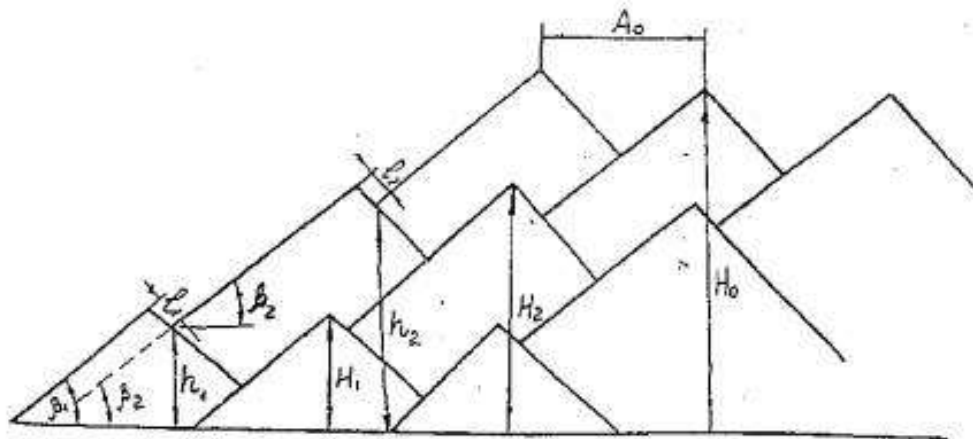


Рис. 3.5.3. Площадь деформирующихся поверхностей многоярусного отвала

$$S_{д(к)} = L_0 \cdot \{ H_1 / \sin\beta_1 + (H_1 - h_1) / \sin\beta_1 + [(H_2 - H_1) \cdot \operatorname{ctg}\beta_1 + l_1] / \\ / (\operatorname{ctg}\beta_1 + \operatorname{ctg}\beta_2) \cdot \sin\beta_2 + (H_2 - h_2) / \sin\beta_2 + \dots + (H_n - h_n) / \sin\beta_n + \\ + [(H_n - H_{n-1}) \cdot \operatorname{ctg}\beta_{n-1} + l_{n-1}] / (\operatorname{ctg}\beta_{n-1} + \operatorname{ctg}\beta_n) \cdot \sin\beta_n + A_0 / \sin\beta_{n-1} \},$$

где A_0 – ширина заходки, м; $H_1, H_2 \dots H_n$ – высота ярусов отвала, м; $\beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ – угол откоса ярусов (1, 2 ... n).

Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит расчет вредных выбросов при буровзрывных работах?
2. Каким образом определяется масса пыли, образующаяся при буровых работах?
3. Как определяется масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) буровых станков?
4. В чем сущность расчета валовых выбросов вредных веществ при взрывных работах?
5. Как определяется масса вредных веществ, выбрасываемых с пылегазовым облаком (ПГО)?
6. Каким образом подсчитывается масса вредных газов, оставшихся во взорванной горной массе (ГМ)?
7. Как подсчитывается масса твердых частиц пыли, выбрасываемых с ПГО?
8. В чем сущность расчета валовых выбросов вредных веществ при выемочно-погрузочных работах?
9. Как определяется масса пыли, выделяющейся при работе одноковшовых экскаваторов?
10. Как определяется масса валовых выбросов при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) экскаваторов?
11. В чем заключаются особенности расчета масса вредных веществ, выделяющихся при добыче полезных ископаемых экскаваторами непрерывного действия?
12. Каким образом рассчитывается масса вредных веществ, выделяющихся при работе бульдозеров?
13. В чем сущность определения валовых выбросов вредных веществ при транспортировании горной массы?
14. Как рассчитывается масса выбросов вредных веществ при движении транспортных средств?
15. Как определяется масса валовых выбросов вредных веществ на перегрузочных пунктах?
16. Каким образом рассчитывается масса выбросов вредных веществ на отвалах при использовании различных видов транспорта и способах формирования отвалов?

4. 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 водоемы.

4.1. Общая масса годового сброса *i*-ой примеси в водоемы

Она определяется в зависимости от характера поступления в водоем загрязнений из оцениваемого источника.

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

$$m_i = \sum m_{ij}, \text{ т/год,}$$

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, а величина концентрации *i*-ой примеси c_i (г/м³) в поступающих в водоем сточных водах в течение года относительно постоянна, то масса годового поступления в водоем *i*-й примеси приблизительно может быть определена

$$m_{vj} = c_j \cdot v_v \cdot 10^{-6}, \text{ т/год,}$$

где v_v – объем годового сброса сточных вод данным источником, млн м³/год.

Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит расчет массы годового сброса i -й примеси в водоемы?

2. В чем состоит расчет массы годового сброса i -й примеси в водоемы, если сточные воды сбрасываются в водоем из оцениваемого источника без предварительного смешения со сточными водами других источников?

3. В чем сущность расчета валовых сбросов вредных веществ в водоемы?

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ КАРЬЕРА С УЧЕТОМ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Масса вредных веществ, с учетом средств пылегазоподавления

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

где m'_i – масса i -го вредного вещества, выделяющегося оборудованием или процессом, с учетом эффективности средств пылегазоподавления, т; m_i – масса i -го вредного вещества, выделяющегося оборудованием или процессом, т; η_i – эффективность средств пылегазоподавления (табл. 5.1) [23].

Таблица 5.1

Эффективность средств пылегазоподавления для различного оборудования и процессов

Источники выделения вредных веществ	Способы пылегазоподавления	Предусмотренное оборудование и средства	Эффективность пылегазоподавления
Бурение	Сухое пылеулавливание	Осадительная камера или пылеприемник, циклоны, мультциклоны, 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
Взрывание	Гидрообеспыливание	Гидропоезда, поливочные машины, оросительно-вентиляционные установки ОВ-3 или УМП-1	0,85–0,90
		Гидрозабойка газы твердые частицы	0,75–0,80 0,55–0,60
		Гидрогелевая забойка газы твердые частицы	0,75–0,80 0,45–0,50
Эксплуатация	Увлажнение отбитой горной массы	Стволы распылители РС, СА, лафетные стволы ЛС-1, оросительно-вентиляционные установки УМП-1А, само-	0,80–0,85

Источники выделения вредных веществ	Способы пылегазоподавления	Предусмотренное оборудование и средства	Эффективность пылегазоподавления
		ходно-поливочные агрегаты СПА-1	
	Предварительное увлажнение массива	Насосные установки 2УГН, УНР, ГР-16/40	0,80–0,85
Транспорт: автомобильный	Гидрообеспыливание нежестких покрытий автодорог	ПМ-130, СПА, УМП-1М, АСП-35, АВР	0,7–0,5
	Улучшение автодорог с щебеночным покрытием	То же, универсин-В, лигнодор	0,98–1,0
	Гидрообеспыливание узлов разгрузки угля	Улиткообразный бункер, водная завеса	0,85–0,90
	Гидрообеспыливание автодорог с твердым покрытием	Стационарные установки орошения КО-309	0,95–1,0
	Сухая уборка пыли	АПП	0,85–0,90
	Нейтрализация ОГ	Каталитические нейтрализаторы Окись углерода углеводороды альдегиды	0,75 при 0,70 t° ОГ 0,80 > 300°
Конвейерный	Укрытие узлов перегрузки горной массы, аспирация и очистка запыленного воздуха	Системы сухого обеспыливания	0,75–0,80
	Орошение узлов перегрузки, пеноподавление	Системы орошения, пеногенераторы	0,85–0,90
Железнодорожный	Гидрообеспыливание узлов загрузки	Система гидрообеспыливания	0,85–0,90
	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

Вопросы для самоконтроля

1. В чем состоит расчет массы вредных веществ, с учетом различных средств пылегазоподавления?
2. Какие известны способы пылегазоподавления?

3. Какие применяются способы пылегазоподавления в различных процессах открытых горных работ?

4. В чем состоит расчет валовых выбросов вредных веществ с учетом природоохранных мероприятий?

6. ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЙ, ОКАЗЫВАЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Под экономической оценкой ущерба понимается денежная оценка отрицательных воздействий загрязнения и других нарушениях природной среды в результате использования комплекса оборудования для ведения открытых горных работ.

Величина полного экономического ущерба, наносимого технологическим оборудованием разрезом окружающей среде

$$Y = Y_A + Y_B + Y_3, \text{ руб.},$$

где Y_A , Y_B , Y_3 – суммарный ущерб соответственно от выбросов вредных веществ в атмосферу, от сбросов в водоемы, нанесенный земельным ресурсам.

При наличии технической возможности предотвратить образование валовых выбросов (сбросов) затраты на реализацию средозащитного мероприятия исчисляются в форме совокупных эксплуатационных расходов и капитальных вложений, приведенных к годовой размерности с учетом фактора времени.

Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения среды равна разности между расчетными значениями ущерба, который имел место до осуществления рассматриваемого мероприятия Y_1 и остаточного ущерба после проведения этого мероприятия Y_2

$$П = Y_1 - Y_2.$$

6.1. Ущерб, причиняемый годовыми выбросами вредных веществ в атмосферу, для всякого источника

Ущерб [22] рассчитывается по следующей формуле

$$Y_A = \gamma_A \cdot \delta_A \cdot f \cdot M_A,$$

где γ_A – удельный экономический ущерб (в учебных расчетах) от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Для действующих предприятий – 220 руб./усл. т, для проектируемых – 1100 руб./усл. т.

δ_A – показатель относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха (табл. 6.1); f – безразмерная величина, учитывающая характер рассеяния в атмосфере вредного вещества. Для газообразных вредных веществ (сернистого газа, сероуглерода и т. д.) и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п.) скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю – 1; для пыли и золы (кроме указанных выше), если средний эксплуатационный коэффициент очистки равен не менее 90 % – 2; от 75–90 % – 2,5, менее 75 % – 3. Для оценки ущерба от выброса аэрозолей автотранспортными средствами $f = 10$; M_A – приведенная масса годового выброса вредных веществ, усл. т/год.

Таблица 6.1

Значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов (σ_A)

Тип загрязняемой территории	σ_A
Территории курортов, санаториев, заповедников, заказников, природных зон отдыха, садовых и дачных кооперативов, а также города со средней плотностью населения свыше 60 чел./га	8–10
Территории промышленных предприятий, промузлов, включая защитные зоны, а также города с плотностью населения 20–60 чел./га или городов с населением более 100 тыс. чел.	4
Территории лесов, пашен, садов, виноградников, а также населенных пунктов с плотностью населения ниже 20 чел./га или рабочих поселков	0,4
Пастбища, сенокосы	0,05

Приведенная масса годового выброса (валовое выделение) вредных веществ в атмосферу

$$M_A = \sum A_i \cdot m_i, \text{ т/год,}$$

где n – общее число примесей, выбрасываемых источником в атмосферу; A_i – показатель относительной агрессивности примеси i -го вида; усл. т/т (табл. 6.2); m_i – масса годового выброса примеси n -го вида в атмосферу, т/год.

Значения показателя относительной агрессивности (A_i)

Вещества	A_i
1	2
Оксид углерода	1,0
Сернистый ангидрид	22,0
Сероводород	54,8
Оксиды азота в пересчете по массе на NO_2	41,1
Летучие низкомолекулярные углеводороды (пары жидких топлив – бензинов и др.)	1,26
Ацетальдегид	41,5
Сажа без примесей (пыль углерода без учета примесей)	41,5

6.2. Величина ущерба, наносимого водным объектам технологическим оборудованием угольных разрезов

Величина этого ущерба зависит от концентрации и вредности загрязняющих веществ, которые содержатся в сточных водах, сбрасываемых в водоемы. Годовой экономический ущерб от сброса сточных вод в поверхностные водоемы:

$$Y_B = \gamma_B \cdot \delta_B \cdot M_B, \text{ руб.},$$

где γ_B – удельный экономический ущерб (в учебных расчетах.) от сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для текущей оценки 1430 руб./усл. т, для перспективной – 3300 руб./усл. т; δ_B – константа, определяющая сравнительную вредность загрязнения водных ресурсов для различных водохозяйственных участков (табл. 6.3); M_B – приведенная масса годового сброса сточных вод источником в водохозяйственный участок [24]:

$$M_B = \sum A_i \cdot m_i, \text{ усл. т/год},$$

где A_i – показатель относительной опасности сброса n -го вещества в водоем, усл. т/т; m_i – общая масса годового сброса i -й примеси в водоем, т/год; N – общее число сбрасываемых примесей.

Таблица 6.3

**Значение константы σ_v
для различных водохозяйственных участков**

№ п/п	Наименование бассейнов, рек и створов	Значение σ_v
1	Ока	2,2
2	Кама	1,6
3	Урал	1,5
4	Обь (исток – г. Новосибирск)	1,4
5	Томь	1,4
6	Чулым	1,1
7	Иртыш (г. Павлодар – устье)	1,6
8	Тобол	1,6
9	Обь (г. Новосибирск – устье)	1,0
10	Енисей (исток – г. Красноярск)	1,1
11	Енисей (г. Красноярск – устье)	0,7
12	Лена	0,4
13	Озеро Байкал	3,9
14	Селенга	2,1
15	Амур	1,0
16	Реки о. Сахалин	1,3

Численное значение показателя относительной агрессивности A_i , определяется для каждого загрязняющего вещества (табл. 6.4)

$$A_i = 1 / ПДК_{i\text{сс}}, \text{ усл. т,}$$

где $ПДК_{i\text{сс}}$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества.

Таблица 6.4

Значения показателя относительной агрессивности

№ п/п	Группы загрязняющих веществ	A_i
А. Неорганические вещества. Общие показатели		
1	Сульфаты, хлориды, соли жесткости	0,05
2	Взвешенные вещества	0,10
3	Нитраты, азот аммонийный	0,20
4	Фосфаты, фосфор (общее количество)	2,0
5	Железо (общее количество), марганец (общее количество)	2,5
6	Нитриты	12,5
Промышленные неорганические вещества (соли тяжелых металлов и цианиды)		
7	Цинк, никель, висмут, свинец, вольфрам, хром 3 ^x валентный и др.	25,0
8	Цианиды	50,0
9	Токсичные соединения (ртуть, мышьяк, медь, хром 6–ти валентный,	145,0

№ п/п	Группы загрязняющих веществ	A _i
	селен и др.)	
Б. Органические вещества. Общие показатели		
10	Химическая потребность в кислороде (ХПК)	0,07
11	Биохимическая потребность в кислороде (БПК полн.), органический углерод	1,0
Промышленная органика		
12	СПАВ (детергенты), этилен, метанол, ацетонитрил и др.	5,0
13	Нефть и нефтепродукты, жиры, масла	15,0
14	Формальдегид, бутиловый спирт, ацетофенол, нитрофенолы и др. соединения	80,0
15	Высокотоксичная металлоорганика (дихлорбутилолово, диэтилртуть и др.) пестициды (бутифос, фазалон, хлорофос, севин и др.), метилмеркаптан, анилин, фенолы и др. соединения	200,0

6.3. Величина ущерба, причиняемого нарушенными землями окружающей среде

Этот ущерб определяется природно-техногенными условиями нарушенных земель, их размещением в различных природно-климатических зонах, освоенностью территорий.

Годовой экономический ущерб от загрязняющего воздействия нарушенных земель на почву, воздушных бассейн и водные объекты рассчитывается по следующей формуле

$$У_z = j \cdot \delta_A \cdot 10M_T + \rho \cdot \delta_B \cdot M, \text{ руб./га в год,}$$

где **j** – величина ущерба, наносимого выбросами в атмосферу одной условной тонны (1 усл. т) загрязняющих веществ, руб.; **ρ** – величина ущерба, наносимого водной среде выбросами одной условной тонны (1 усл. т) загрязняющих веществ, руб.; **δ_A** – безразмерная величина, характеризующая относительную опасность загрязнения атмосферы над территорией распространения выбросов (табл. 6.1); **δ_B** – безразмерная величина, характеризующая относительную опасность загрязнения различных водохозяйственных участков (табл. 6.3); **10** – безразмерный показатель, учитывающий характер рассеивания в атмосфере, соответственно, твердых (пыли, золы) и газообразных вредных веществ, значение, которого принято из практики работы горнодобывающих предприятий; **M_T**, **M_B** – масса годового поступления загрязняющих веществ, соответственно, твердых в атмосферу и в результате водной эрозии (смыв в водные объекты), приведенная к условным тоннам (усл. т/га в год); **j** = 220 руб./усл. т – для действующей

щих предприятий и $j = 1100$ руб./усл. т – для проектируемых; $\rho = 1430$ руб./усл. т – для действующих предприятий и $\rho = 3300$ руб./усл. т – для проектируемых.

Приведенная масса твердых (пылегазообразных) выбросов нарушенных земель определяется по формуле

$$M_T = m_T \cdot \alpha_T, \text{ усл. т/га в год,}$$

где m_T – масса выноса пылегазообразных веществ в результате дефляции пород, т/га в год; α_T – показатель относительной агрессивности загрязняющего вещества, усл. т/т (табл. 6.5).

Таблица 6.5

Значения показателей относительной агрессивности

Характеристика пород	Значение показателя, усл. т/т	
	α_T	α_B
Трудновыветриваемые скальные, магматические, метаморфические и осадочные геохимически инертные породы	1,0	0,1
Связные несцементированные осадочные геохимически инертные породы	1,0	0,2
Связные осадочные быстровыветриваемые полускальные геохимически инертные породы	2,0	0,2
Связные несцементированные осадочные породы и отходы обогащения кислые или содержащие легкорастворимые соли	10,0	0,5
Несвязанные несцементированные геохимически инертные осадочные породы	11,0	0,2
Сцементированные осадочные карбонатные породы	25,0	0,3
Отходы обогащения несвязные, содержащие сульфидные сернистые, галоидные соединения	89,0	0,3
Отходы обогащения несвязные, содержащие мышьяковистые, ртутные и др. токсичные соединения	100,0	1,0

Приведенная масса загрязняющих веществ, выносимых в результате водной эрозии, определяется по формуле

$$M_B = m_B \cdot \alpha_B, \text{ усл. т/ в год,}$$

где m_v – масса выноса загрязняющих веществ в результате водной эрозии, т/га в год; α_v – показатель относительной агрессивности (средневзвешенный) выбрасываемых ингредиентов, усл. т/т (табл. 6.5).

Вопросы для самоконтроля

1. Как определяется величина полного экономического ущерба, наносимого технологическим оборудованием разрезов окружающей среде?

2. Каким образом подсчитывается величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения среды?

3. В чем состоит оценка ущерба от воздействий технологического оборудования карьеров на окружающую среду?

4. Как определяется величина ущерба, наносимого водным объектам технологическим оборудованием угольных разрезов?

5. Как установить численное значение показателя относительной агрессивности для каждого загрязняющего вещества?

6. Как рассчитывается величина ущерба, причиняемого нарушенными землями окружающей среде?

7. Каким образом можно определить приведенную массу твердых выбросов от нарушенных земель?

8. Как подсчитать приведенную массу загрязняющих веществ, выносимых в результате водной эрозии отвалов?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Требования к построению, содержанию и изложению расчетных методик определения выбросов вредных веществ в атмосферу: ГГО им. А. Н. Воейкова. – Л., 1986. – 17 с.
2. Методические указания по расчету валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу предприятиями Минсевзапстроя СССР. Ч. 6. Автотранспортные предприятия: ВРД66116–87. – М.: ОНТИП–ТИОМЭС, 1987. – 77 с
3. Латкин, А. С. Пылеулавливание при бурении / А. С. Латкин, Б. С. Сажин, Е. Б. Шевкун. – М.: Наука, 1992. – 112 с.
4. Михайлов, В. А. Снижение запыленности и загазованности воздуха на открытых горных работах / В. А. Михайлов, П. В. Бересневич. – Киев: Техника, 1975. – 116 с.
5. 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 перев. с англ. – М.: Наука, 1980. – 453 с.
8. Миндели, Э. О. Разрушение горных пород. – М.: Недра, 1975. – 600 с.
9. Дедков, С. П. Распространение и осаждение пыли при взрывах в карьере / С. П. Дедков, О. А. Брюховских // Известия вузов. Горный журнал. – 1994. – № 7. – С. 54–62.
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) / МТДФ, 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-ти. – Пермь, 1989. – 42 с.

14. Справочник. Открытые горные работы / К. Н. Трубецкой, М. Г. Потапов, К. Е. Веницкий, Н. Н. Мельников [и др.]. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

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. – 52 с.

16. Методические указания по определению экономической эффективности применения непрерывных и новых специализированных видов транспорта в народном хозяйстве / ИКТП – М.: ИКТП, 1984. – 33 с.

17. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеоздат, 1986. – 183 с.

18. Томаков, М. А. Борьба с пылью при работе роторных экскаваторов и автосамосвалов на разрезах / М. А. Томаков, А. Н. Купин. – 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 // Экологические проблемы горного производства, переработки и размещения отходов. Вторая научно-техническая конференция. Москва, 30 января – 3 февраля 1995 г. – М.: МГГУ, 1995. – 600 с.

21. Инструкция по разработке норм водопотребления и водоотведения для годового и пятилетнего планирования в угольной промышленности / МУП СССР. – Пермь: ВНИИОСуголь, 1995. – 600 с.

22. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды / А. С. Быстров, В. В. Варанкин, М. А. Виленский [и др.] – М.: Экономика, 1986. – 96 с.

23. Парахонский, Э. В. Охрана труда на карьерах. – М.: Недра, 1988. – 197 с.

24. Оценка ущерба от воздействий, оказываемых технологическим оборудованием угольных разрезов на окружающую среду. Отчет по НИР МНИИЭКО ТЭК. – Пермь, 1999.

25. ГОСТ 17.2.1.01–76. Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу.

26. ГОСТ 17.2.1.04–77 с изм. 1. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения.

27. ГОСТ 17.2.4.02–81. Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ.

28. ГОСТ 17.2.3.02–78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.

29. ГОСТ 24585–81. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения.