ЗАО «НИПИОТСТРОМ»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ОТ НЕОРГАНИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Новороссийск
2000

gost.e-ecolog.ru

Разработан ЗАО «НИПИОТСТРОМ»

Утвержден

Введен

Настоящий документ не может быть тиражирован и распространен без разрешения разработчика

Содержание

1 Введение 4
2 Ссылки на нормативные документы 5
3 Термины и определения 6
4 Общие положения 7
5 Пересыпка пылящих материалов 8
5.1 Пересыпка угля 13
6 Склады, хвостохранилища 14
7 Карьеры 16
7.1 Буровые работы 16
7.2 Взрывные работы 16
7.2.1 Определение основных параметров пылегазового облака 17
7.2.2 Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу при взрывных работах 17
Список использованных источников 22

Приложение 1. Примеры расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу 23

1 Введение

Настоящая методика предназначена для расчетов выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу неорганизованными источниками предприятий промышленности строительных материалов. Она позволяет производить расчет мощности выделения (г/с, т/год) вредных веществ в атмосферу от хранилищ пылящих материалов, на узлах их пересыпки, при перевалочных работах на складе, при бурении шурфов и скважин, взрывных и погрузочно-разгрузочных работах.

Полученные результаты могут быть использованы при учете и нормировании выбросов загрязняющих веществ от неорганизованных источников предприятий, технологические процессы которых связаны с производством и хранением строительных материалов, а также в экспертных оценках для определения экологических характеристик применяемого оборудования.

2 Ссылки на нормативные документы

Методика разработана в соответствии со следующими нормативными документами

2 1 ГОСТ 17 2 1 04-77 Охрана природы Атмосфера Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы М Издательство стандартов, 1978

2 2 ГОСТ 17 2 4 02-81 Охрана природы Атмосфера Общие требования к методам определения загрязняющих веществ. М Издательство стандартов, 1982

2 3 Закон РФ от 04 05 99 г «Об охране атмосферного воздуха», № 96ФЗ,1999

2 4 Закон РФ от 19 12.91 г «Об охране окружающей природной среды», Ведомости СНД № 10, 1992 г , ст 457

3 Термины и определения*

Термины	Определения
Загрязнение атмосферы	Поступление в атмосферный воздух или образование в нем вредных (загрязняющих) веществ в концентрациях, превышающих установленные государством гигиенические и экологические нормы качества атмосферного воздуха
Загрязняющее (вредное) вещество	Примесь в атмосфере, оказывающая неблагоприятное действие на окружающую среду и здоровье населения
Неорганизованный источник выделения вредных веществ (неорганизованный источник)	Источник выделения, от которого вредные вещества, не проходя устройств, дополнительно задающих скорость и место выброса, поступают непосредственно в атмосферу, если источник находится вне помещения, или через оконные и дверные проемы помещений, не оборудованных системой вентиляции
Удельное выделение вредного вещества	Определяемая расчетным или инструментальным методом величина массы вредного вещества, выделяющегося в ходе технологического процесса, отнесенная к единице материального показателя, характеризующего этот процесс
Валовое выделение вредного вещества	Величина массы вредного вещества, отходящего от источника выделения за определенный (отчетный) период времени
Удельный выброс вредного вещества	Часть величины удельного выделения, попадающая в атмосферу Определяется как разность величин удельного выделения и его уловленной и обезвреженной части
Валовый выброс	Часть валового выделения вредного вещества, поступающая в атмосферу за отчетный период времени Определяется как разность количеств отходящего и уловленного вредного вещества

* Определения терминов взяты из [2, п 2 3]

4 Общие положения

4.1 В методике приведены формулы для расчетов выбросов от следующих источников загрязнения воздушного бассейна
пересыпки пылящих материалов,
склады, хвостохранилища,
буровые работы,
взрывные работы

4 2 Основными вредными веществами в выбросах перечисленных источников являются твердые частицы, при взрывных работах также оксид углерода и оксиды азота (в пересчете на диоксид азота)

4 3 При определении выделений (выбросов) от неорганизованных источников используются расчетные методы с применением удельных показателей выделения загрязняющих веществ

4 4 Методика выполнена на основании ранее разработанной НПО «Союзстромэкология» (в настоящее время ЗАО «НИПИОТСТРОМ») методики по расчетам выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов [20] При разработке настоящей методики ранее полученные данные были переработаны, обобщены и дополнены с помощью материалов натурных замеров, проводимых в 1990-1999 г г подразделениями ЗАО «НИПИОТСТРОМ»

5 Пересыпки пылящих материалов

Интенсивными неорганизованными источниками пылеобразования являются пересыпки материала, погрузка материала в открытые вагоны, полувагоны, загрузка материала грейфером в бункер, ссыпка материала открытой струей в склад и т д Объмы пылевыделений от всех этих источников могут быть рассчитаны по формуле (1)·

$$M_{1р}=K_1\ K_2\ K_3\ K_4\ K_5\ K_7\ K_8\ K_9\ B\ G_ч\cdot 10^6 / 3600,\ г/с \qquad (1)$$

а для валовых выбросов (2)

$$П_{гр}= K_1\ K_2\ K_3\ K_4\ K_5\ K_7\ K_8\ K_9\ B\ G_{год},\ т/год \qquad (2)$$

где K_1 - весовая доля пылевой фракции в материале (таблица 1) Определяется путем отмывки и просева средней пробы с выделением фракции пыли размером от 0 до 200 мкм,

K_2 - доля пыли (от всей весовой пыли), переходящая в аэрозоль (таблица 1) Проверка фактического дисперсного состава пыли и уточнение значения K_2 производится отбором проб запыленного воздуха на границах пылящего объекта (склада, хвостохранилища) при скорости ветра 2 *м/с*, дующего в направлении точки отбора пробы.

K_3 - коэффициент, учитывающий местные метеоусловия (таблица 2);

K_4 - коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования (таблица 3),

K_5 - коэффициент, учитывающий влажность материала, определяется в соответствии с данными таблицы 4 Под влажностью материала понимается влажность его пылевой и мелкозернистой фракции ($d \leq 1$ мм),

K_7 - коэффициент, учитывающий крупность материала, принимается в соответствии с таблицей 5,

K_8 - поправочный коэффициент для различных материалов в зависимости от типа грейфера (таблица 6), [1], при использовании иных типов перегрузочных устройств $K_8 = 1$ [2] ,

K_9 - поправочный коэффициент при мощном залповом сбросе материала при разгрузке автосамосвала Принимается равным 0,2 при сбросе материала весом до 10 т, и 0,1 - свыше 10 т Для остальных неорганизованных источников коэффициент K_9 выбрать равным 1,

B - коэффициент, учитывающий высоту пересыпки, принимается по данным таблицы 7,

$G_ч$ - суммарное количество перерабатываемого материала в час, т/час. Определяется главным технологом предприятия

$G_{год}$ - суммарное количество перерабатываемого материала в течение года, т/год Определяется главным технологом предприятия на основе фактически переработанного материала или планируемого на год

ПРИМЕЧАНИЕ

В расчетах приземных концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) должны использоваться мощности выбросов ЗВ в атмосферу, М (г/с), отнесенные к 20-ти минутному интервалу времени

Это требование относится к выбросам ЗВ, продолжительность, Т (с), которых меньше 20-ти минут ($T < 1200$, с) Для таких выбросов значение мощности , М (г/с), определяется следующим образом

$$M = Q / 1200,\ г/с \qquad (3)$$

где Q - общая масса ЗВ, выброшенных в атмосферу из рассматриваемого источника загрязнения атмосферы в течение времени его действия Т

Таблица 1 - Значение коэффициентов K_1, K_2 для определения выбросов пыли

№ п/п	Наименование материала	Плотность материала, г/см^3	Весовая доля пылевой фракции K_1 в материале	Доля пыли переходящая в аэрозоль K_2
1	Огарки	3,9	0,04	0,03
2	Клинкер	3,2	0,01	0,003
3	Цемент	3,1	0,04	0,03
4	Известняк карьерный	2,7	0,03	0,01
5	Известняк дробленный	2,7	0,04	0,02
6	Мергель карьерный	2,7	0,03	0,01
7	Мергель дробленный	2,7	0,05	0,02
8	Известь комовая	2,7	0,04	0,02
9	Известь молотая	2,7	0,07	0,05
10	Гранит карьерный	2,8	0,01	0,003
11	Гранит дробленный	2,8	0,02	0,04
12	Мрамор карьерный	2,8	0,02	0,01
13	Мрамор дробленный	2,8	0,04	0,06
14	Мел	2,7	0,05	0,07
15	Гипс карьерный	2,6	0,03	0,02
16	Гипс молотый	2,6	0,08	0,04
17	Доломит карьерный	2,7	0,03	0,01
18	Доломит дробленный	2,7	0,05	0,02
19	Опока	2,65	0,03	0,01
20	Пегматит	2,6	0,04	0,04
21	Гнейс	2,9	0,05	0,02
22	Каолин	2,7	0,06	0,04
23	Нефелин	2,7	0,06	0,02
24	Глина	2,7	0,05	0,02
25	Песок	2,6	0,05	0,03
26	Песчаник	2,65	0,04	0,01
27	Слюда	2,8	0,02	0,01
28	Полевой шпат	2,5	0,07	0,01
29	Шлак	2,5-3,0	0,05	0,02
30	Диорит	2,8	0,03	0,06
31	Порфироиды	2,7	0,03	0,07
32	Графит	2,2-2,7	0,03	0,04
33	Уголь	1,3	0,03	0,02
34	Зола	2,5	0,06	0,04
35	Диатомит	2,3	0,03	0,02
36	Перлит карьерный	2,4	0,04	0,01
37	Перлит готовая продукция	2,4	0,04	0,06

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Наименование материала	Плотность материала, г/см^3	Весовая доля пылевой фракции K_1 в материале	Доля пыли, переходящая в аэрозоль, K_2
38	Керамзит	2,5	0,06	0,02
39	Вермикулит	2,6	0,06	0,04
40	Аглопорит	2,5	0,06	0,04
41	Туф	2,6	0,03	0,02
42	Пемза	2,5	0,03	0,06
43	Сульфат	2,7	0,05	0,02
44	Шамот	2,6	0,04	0,02
45	Смесь песка и извести	2,6	0,05	0,01
46	Кирпич, бой	*	0,05	0,01
47	Минеральная вата	*	0,05	0,01
48	Щебенка	*	0,04	0,02
49	Гравий	*	0,01	0,001
50	Опилки древесные	*	0,04	0,01
51	Песчано-гравийная смесь (ПГС)	2,6	0,03	0,04

* Брать по исходному материалу

Таблица 2 - **Зависимость величины K_3 от скорости ветра**[**]

Скорость ветра, м/с	Значения коэффициента K_3
до 2	1,0
2-5	1,2
5-7	1,4
7-10	1,7
10-12	2,0
12-14	2,3
14-16	2,6
16-18	2,8
18 и выше	3,0

** Расчеты загрязнения атмосферы проводятся при произвольном наборе скоростей от U=0,5 м/с до U=U* (скорость ветра 95% обеспеченности). При расчетах рассеивания каждой из рассматриваемых скоростей должно соответствовать определенное значение максимально разового выброса Подобные источники (выброс которых изменяется при изменении скорости ветра) классифицируются специальным образом, например, как тип 5 при использовании УПРЗА серии "Эколог" Валовые выбросы за рассматриваемый период определяются по средним значениям скорости ветра и влажности этого периода

Таблица 3 - Зависимость величины K_4 от местных условий

Местные условия	K_4			
	При хранении и пересыпке ПМ* без применения загрузочного рукава	При пересыпке ПМ* с применением загрузочного рукава	При хранении и пересыпке угля в карьере без применения загрузочного рукава	При пересыпке угля в карьере с применением загрузочного рукава
Склады, хранилища открытые				
а) с 4-х сторон	1,0	0,01	1,0	0,2
б) с 3-х сторон	0,5	0,005	0,8	0,16
в) с 2-х сторон полностью и с 2-х сторон частично	0,3	0,003	0,6	0,12
г) с 2-х сторон	0,2	0,002	0,5	0,1
д) с 1-й стороны	0,1	0,001	0,1	0,02
ж) закрыт с 4-х сторон**	0,005	0,00005	0,1	0,02

* ПМ – пылящие материалы,

** при переводе неорганизованных источников узла пересыпки в организованные при отсутствии аспирации считать выброс пыли в атмосферу до 30% от его нормативного показателя при аспирации узла

Таблица 4 - Зависимость величины K_5 от влажности материалов

Влажность материалов, % *	K_5	K_5 (для угля в карьере)
0-0,5	1,0	2,0
до 1,0	0,9	1,5
до 3,0	0,8	1,3
до 5,0	0,7	1,2
до 7,0	0,6	1,0
до 8,0	0,4	0,7
до 9,0	0,2	0,3
до 10,0	0,1	0,2
Свыше 10	0,01	0,1

при статическом хранении и пересыпке песка влажностью 3 % и более - выбросы считать равными 0 Для других строительных материалов выбросы считать равными 0 при влажности свыше 20 %

Таблица 5 - **Зависимость величины K_7 от крупности материалов**

Размер куска, мм	K_7
500 и более	0,1
500-100	0,2
100-50	0,4
50-10	0,5
10-5	0,6
5-3	0,7
3-1	0,8
1	1,0

Таблица 6 - **Зависимость величины K_8 от типа грейфера и рода перегружаемого материала**

№ п/п	Грузоподъемность крана, т	Тип грейфера	Величина коэффициента K_8 в зависимости от перегружаемого материала			
			каменный уголь	Щебень	песок	ПГС
1	2	3	4	5	6	7
1	5	2592А	0,452			
2	5	2592Б	0,453			
3	5	2630А	0,474			
4	10	2871В	0,216			
5	10	3298А	0,199			
6	10	3298Б	0,21			
7	15	2586А	0,157			
8	16	3599А	0,134			
9	16	3748	0,13			
10	16	3899	0,123			
11	16	4127	0,13			
12	5	2631Б				
13	10	2133А				
14	10	3829				
15	5	2583В		0,898	0,427	0,6
16	5	2583		0,898	0,427	0,6
17	5	3089А		0,744	0,338	0,52
18	10	2872В		0,41	0,21	0,3
19	10	3292В		0,41	0,21	0,3
20	10	3383Б		0,362	0,184	0,286
21	10	3555А		0,413	0,21	0,3
22	10	3555В		0,39	0,22	0,32
23	15	2374Г		0,292	0,14	0,21
24	15	2587Г		0,271	0,166	0,215
25	16	3319А		0,231	0,14	0,182
26	16	3445А		0,245	0,15	0,193
27	16	3830		0,216	0,15	
28	5	2452В				
29	5	2475Б				
30	10	2745А				

Продолжение таблиць

1	2	3	4	5	6	7
31	10	3963				
32	16	3104				

Таблица 7 - Зависимость величины В от высоты пересыпки

Высота падения материала, м	В
0,5	0,4
1,0	0,5
1,5	0,6
2,0	0,7
4,0	1,0
6,0	1,5
8,0	2,0
10,0	2,5

ПРИМЕР 1 Рассчитать удельный и валовый выброс пыли при выгрузке грейфера на склад Расчетные параметры приведены в таблице П 1 1 (Приложение1)

5 1 **Пересыпка угля**

Суммарная масса твердых частиц, выделяющихся при проведении всех видов погрузочно-разгрузочных работ в карьере, определяется по формуле

$$M_п=K_3\ K_4\ K_5\ B\ q''_{уд.}\ П_п\ (1-\eta)\ 10^{-6},\ т/год \qquad (4)$$

где $q''_{уд}$ - удельное выделение твердых частиц с тонны отгружаемого (перегружаемого) угля, г/т (принимается равным 3,0 г/т [4-8]),

$П_п$- количество отгружаемого (перегружаемого) угля, т/год,

η - степень улавливания твердых частиц в пылеулавливающей установке, доля единицы - определяется по данным фактических измерений В [9] предложены пять способов борьбы с пылением поверхностей Если средства пылеподавления не используются, то коэффициент η следует выбрать равным 0

Для расчета нормативов ПДВ суммарная масса твердых частиц (г/с), выделяемых при погрузочно-разгрузочных работах, определяется по формуле

$$M_п=K_3\ K_4\ K_5\ B\ q''_{уд.}\ П_ч\ (1-\eta)/3600,\ г/с \qquad (5)$$

где $П_ч$- максимальное количество отгружаемого (перегружаемого) угля, т/ч

Суммарная масса твердых частиц, сдуваемых при транспортировании горной массы открытым ленточным конвейером, определяется по формуле

$$M_к=3,6\ K_3\ K_5\ W_к\ L\ l\ \gamma\ T\ (1-\eta),\ т/год \qquad (6)$$

где $W_к$- удельная сдуваемость твердых частиц с ленточного конвейера (принимается равной $3\ 10^{-5}$ кг/(м^2 с) [10]),

L- ширина конвейерной ленты, м,

l - длина конвейера, м,

γ- коэффициент измельчения горной массы (принимается равным 0,1 [11]),

T - годовое количество рабочих часов, ч/год

Для расчета нормативов ПДВ суммарная масса твердых частиц (г/с), сдуваемых при транспортировании горной массы открытым ленточным конвейером, определяется по формуле

$$M_к = K_3\ K_5\ W_к\ L\ I\ \gamma\ (1-\eta)\ 10^3,\ г/с \qquad (7)$$

При разгрузке-погрузке угля вне карьера расчет выбросов должен проводится по формулам (1-2)

ПРИМЕР 2 Рассчитать выбросы твердых частиц при погрузке угля Расчетные параметры приведены в таблице П 1 2 (Приложение1)

6 Склады, хвостохранилища

При хранении пылящих материалов для расчета следует применять формулу·

$$M_{хр}=K_4\ K_5\ K_6\ K_7\ q\ F_{раб} + K_4\ K_5\ K_6\ K_7\ 0{,}11\ q\ (F_{пл} - F_{раб})\ (1-\eta),\ г/с \qquad (8)$$

а для расчета валовых выбросов

$$П_{хр} = 0{,}11\ 8{,}64\ 10^{-2}\ K_4\ K_5\ K_6\ K_7\ q\ F_{пл}\ (1-\eta)\ (T - T_д - T_с),\ т/год \qquad (9)$$

где $M_{хр}$ - удельный выброс вредного вещества (пыли) в процессе хранения материала, г/с,

$П_{хр}$ - валовый выброс вредных веществ (пыли) в процессе хранения материала, т/год,

K_6 - коэффициент, учитывающий профиль поверхности складируемого материала, определяется как отношение $K_6 = F_{макс} / F_{пл}$,

$F_{пл}$ - поверхность пыления в плане, $м^2$ Определяется главным технологом по генплану предприятия [12],

$F_{макс}$ – фактическая площадь поверхности складируемого материала при максимальном заполнении склада, $м^2$ Определяется главным технологом предприятия на основе характеристик материала [12],

$F_{раб}$ - площадь в плане, на которой систематически производятся погрузочно-разгрузочные работы (не реже 1-го раза в неделю), $м^2$ Определяется главным технологом предприятия

q - максимальная удельная сдуваемость пыли, $г/(м^2 \cdot с)$, подчиняется степенному закону [13], [14]

T – общее время хранения материала за рассматриваемый период, в сутках,

$T_с$ – число дней с устойчивым снежным покровом,

$T_д = 2T°_д$ (час) / 24 – число дней с дождем, где $T°_д$ (час) – суммарная продолжительность осадков в виде дождя за рассматриваемый период в часах

Число дней со снегом и часов с дождем запрашивается в территориальном органе Госкомитета по гидрометеорологии либо определяется согласно справочникам по климату

$$q = a\ \upsilon^b,\ мг/(м^2\ с) \qquad (10)$$

где q - удельная сдуваемость пыли, $мг/(м^2\ с)$,

υ - скорость ветра, м/с,

a и b - эмпирические коэффициенты, зависящие от типа перегружаемого материала (таблица 8), [2]

Результаты математической обработки для нескольких видов перегружаемого материала приведены в таблице 9

Так как удельная сдуваемость с течением времени снижается из-за обеднения поверхностного слоя материала пылевой фракцией, что естественно с течением времени, и приводит к уменьшению пылеуноса, то в расчетные формулы валовых и удельных выбросов (8) и (9) вошел временный коэффициент 0,11 - поправочный коэффициент на уменьшение удельной сдуваемости с течением времени [2]

Таблица 8 - **Параметры, определяющие удельную сдуваемость с поверхности складов**

№ п/п	Наименование перегружаемого материала	Параметры		Исследовано в
		a	b	
1	Скальные (роговики, сланцы, окисленные руды) смешанные	0,0097	2,887	ВНИИБТГ
2	Мел	0,00580	3,488	ВНИИБТГ
3	Песок	0,00087	4,199	ВНИИБТГ
4	Смесь пород (юрские глины, песок, мел)	0,01370	2,328	ВНИИБТГ
5	Окисленные руды	0,02370	2,356	ВНИИБТГ
6	Каменный уголь	0,10850	2,9195	НИПИОТСТРОМ
7	Щебень	0,01350	2,987	НИПИОТСТРОМ
8	Песчано-гравийная смесь (ПГС)	0,00120	3,97	БТИСМ

Таблица 9 - **Зависимость величины q от скорости ветра и рода хранящихся материалов при условии: $K_4 = 1$; $K_5 = 1$; $K_7 = 1$**

№ п/п	Скорость ветра, м/с	Удельная величина уноса пыли в зависимости от перегружаемого материала, A 10^3, г/(м^2 с)			
		каменный уголь	щебень	песок	ПГС
1	2	3	4	5	6
1	0,5	0,014	0,0017	4,7 10^{-5}	0,000076
2	1,0	0,108	0,0130	0,00087	0,0012
3	1,5	0,350	0,0450	0,0048	0,006
4	2,0	0,820	0,1000	0,016	0,0188
5	2,5	1,570	0,2000	0,041	0,046
6	3,0	2,680	0,3600	0,088	0,094
7	3,5	4,200	0,5700	0,168	0,17
8	4	6,200	0,8500	0,293	0,295
9	4,5	8,700	1,2000	0,481	0,47
10	5	11,900	1,6500	0,75	0,71
11	6	20,280	2,8400	1,61	1,47
12	7	31,800	4,5000	3,01	2,72
13	8	46,970	6,7200	5,39	4,62
14	9	66,250	9,6000	8,8	7,4
15	10	90,1	13,1000	13,76	11,2
16	11	119	17,3900	20,53	16,4
17	12	153,44	22,6000	29,6	23,1
18	13	193,8	28,6000	41,4	31,7
19	14	240,65	35,7000	56,5	42,6
20	15	294,35	44,0000	75,5	56

Пример Для щебня при $U_м$ = 5 м/с q = 1,65 10^{-3} г/ ($м^2$ с)

Склады и хвостохранилища рассматриваются как равномерно распределенные источники пылевыделений

ПРИМЕР 3 Рассчитать удельный и валовый выброс пыли при статическом хранении угля в открытом складе Расчетные параметры приведены в таблице П 1 3 (Приложение1)

7 Карьеры

Выброс загрязняющих веществ на карьерах происходит при работе автотранспорта, при выемочно-погрузочных, буровых и взрывных работах

Движение автотранспорта в карьерах обусловливает выделение пыли, а также газов от двигателей внутреннего сгорания Пыль выделяется в результате взаимодействия колес с полотном дороги и сдува ее с поверхности материала, груженного в кузов машины

Выбросы пыли и токсичных газов при работе карьерного транспорта рассчитываются согласно [16]

7 1 Буровые работы

Суммарная масса твердых частиц, выделяющихся при работе буровых станков, определяется по формуле (11)

$$M_б=0,785\ d^2\ \upsilon_б\ \rho\ T\ K_1\ K_2\ (1-\eta),\ т/год \qquad (11)$$

где d-диаметр буримых скважин, м,

$\upsilon_б$-скорость бурения, м/ч,

ρ-плотность породы или угля, $т/м^3$,

Т-годовое количество рабочих часов, ч/год,

η-эффективность средств пылеулавливания, доля единицы,

K_1-содержание пылевой фракции в буровой мелочи, доля единицы (принимается равным 0,1 [17]),

K_2-доля пыли (от всей массы пылевой фракции), переходящая в аэрозоль (принимается равной 0,02)

Для расчета нормативов ПДВ суммарная масса твердых частиц (г/с), выделяющихся при работе буровых станков, оснащенных системами пылеулавливания, определяется по формуле

$$M_б=0,785\ d^2\ \upsilon_б\ \rho\ K_1\ K_2\ (1-\eta)\ 10^3/3,6,\ г/с \qquad (12)$$

ПРИМЕР 4 Рассчитать выбросы твердых частиц при буровых работах Расчетные параметры приведены в таблице П 1 4 (Приложение1)

7 2 Взрывные работы

Загрязнение атмосферного воздуха при взрывных работах происходит за счет выделения вредных веществ из пылегазового облака и выделения газов из взорванной горной массы [18]

Пылегазовое облако - мгновенный залповый неорганизованный выброс твердых частиц и нагретых газов, включая оксид углерода и оксиды азота

Взорванная горная масса - постоянно действующий в течение периода ее экскавации неорганизованный источник выброса оксида углерода

7 2.1 Определение основных параметров пылегазового облака

Расчет основных параметров пылегазового облака производится на момент его максимального развития при сохранении достаточно четких очертаний

Объем пылегазового облака (V_0) рассчитывается по эмпирической формуле

$$V_0 = 44000\ A^{1,08},\ м^3 \qquad (13)$$

где А - количество взорванного взрывчатого вещества, т

Расчет V_0 может быть осуществлен по упрощенным формулам

при $A \le 3$ т $\qquad V_0 = 47890\ (A-0,062) \qquad (14)$

при $3\ т < A \le 30$ т $\qquad V_0 = 57580\ (A - 0,62) \qquad (15)$

при $A > 30$ т $\qquad V_0 = 69220\ (A - 6,2) \qquad (16)$

Температура газов в облаке (T_0) рассчитывается по формуле

$$T_0 = T_в + \Delta T,\ ^0C \qquad (17)$$

где $T_в$ - температура окружающего воздуха, ^0C,

ΔT - перегрев пылегазового облака относительно окружающего воздуха, ^0C (определяется по таблице 10)

Таблица 10 - **Значение ΔT в зависимости от количества взорванного взрывчатого вещества**

А, т	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ΔT, ^0C	0,40	0,60	0,97	1,40	1,79	2,24	2,82	3,44	4,09	4,80

Значения относительных погрешностей при определении объема пылегазового облака составляют до 10%, температуры - не более 5%

7.2.2 Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу при взрывных работах

Расчет суммарной массы вредных веществ (твердые частицы и газы), выбрасываемых с пылегазовым облаком за пределы разреза при производстве одного взрыва, определяется по формуле

$$M_в^{тв} = K\ q^в_{уд}\ A\ (1-\eta),\ т \qquad (18)$$

где К-безразмерный коэффициент, учитывающий гравитационное оседание вредных веществ в пределах разреза (для твердых частиц принимается равным 0,16, для газов - 1,0),

$q^в_{уд}$-удельное выделение вредных веществ при взрыве 1 т взрывчатых веществ (ВВ), т/т;

А- количество взорванного ВВ, т,

η-эффективность средств пылеподавления, доля единицы

При проведении взрывных работ с применением средств пылегазоподавления могут быть приняты следующие значения η

-при гидрозабойке скважин η=0,6 для твердых частиц и η=0,85 для газов,

-при гидрогелевой забойке - соответственно 0,50 и 0,85,

-для обводненных скважин η=0,5 для твердых частиц

Для определения значений $q^{в}_{уд}$ предварительно рассчитывается удельный расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной массы по формуле

$$\Delta=1000\ A/\ V_{г\,м},\ кг/м^3 \qquad (19)$$

где $V_{г\,м}$ - объем взорванной горной массы, $м^3$ (принимается по данным маркшейдерской службы)

Значения $q^{в}_{уд}$ твердых частиц и оксида углерода для различных видов ВВ с учетом их удельного расхода приведены в таблицах 11 и 12 Для оксидов азота $q^{в}_{уд}$ принимается равным 0,0025 т/т

Количество выделяющегося из горной массы после взрыва оксида углерода следует принимать равным 50% от его выброса с пылегазовым облаком:

$$M^{co}_{г\,м} = 0,5\ M^{co}_{в},\ т \qquad (20)$$

Суммарная масса выделяющихся из горной массы после взрыва твердых частиц и оксидов азота принимается равным 0

Для укрупненных расчетов валовых выбросов при планировании и отчетности по охране атмосферного воздуха количество выбрасываемых вредных веществ определяется с учетом приведения взрывчатых веществ к граммониту 79/21 по формуле

$$M_{в}^{тв} = a\ K\ q^{в}_{уд}\ A_г\ (1-\eta),\ т/год \qquad (21)$$

где a- безразмерный коэффициент, учитывающий выделения вредных веществ из взорванной горной массы (для оксида углерода принимается равным 1,5, для твердых частиц и оксидов азота - 1 [19]),

$q^{в}_{уд}$ - удельное выделение вредных веществ при взрыве 1 т граммонита 79/21, т/т (принимается в соответствии с данными таблиц 11 и 12);

$A_г$ - общий расход взрывчатых веществ, т/год

Для определения $q^{в}_{уд}$ по таблицам 11, 12 предварительно находится удельный расход ВВ (Δ, $кг/м^3$), приведенных к граммониту 79/21, по формуле

$$\Delta=(A_1 P_1 + A_2 P_2 + \quad + A_n P_n)\ 10^3 /V_{г\,м},\ кг/м^3 \qquad (22)$$

где P_1, P_2, , P_n - безразмерные коэффициенты, учитывающие работоспособность взрывчатых веществ, обозначенных индексами 1, 2, , n (принимается в соответствии с данными таблицы 13

Таблица 12 - **Удельное выделение оксида углерода на 1 т ВВ при взрывных работах**

Удельный расход ВВ, кг/м^3, Δ	Удельное выделение $q^{в}_{уд}$ для различных ВВ, т/т			
	граммонит 79/21	граммонит 30/70	игданит	прочие
0,05	0,104	0,040	0,009	0,037
0,10	0,076	0,037	0,007	0,032
0,15	0,056	0,034	0,006	0,028
0,20	0,040	0,032	0,005	0,024
0,25	0,030	0,029	0,004	0,021
0,30	0,022	0,027	0,004	0,018
0,35	0,016	0,025	0,003	0,016
0,40	0,012	0,023	0,002	0,014
0,45	0,008	0,021	0,002	0,012
0,50	0,006	0,020	0,002	0,010
0,55	0,004	0,018	0,001	0,009
0,60	0,003	0,017	0,001	0,008
0,65	0,002	0,015	0,001	0,007
0,70	0,002	0,014	0,001	0,006
0,75	0,001	0,013	0,001	0,005
0,80	0,001	0,012	0,001	0,005
0,85	0,001	0,011	0,001	0,004
0,90	0,001	0,010	0,001	0,003
0,95	0,001	0,010	0,001	0,003
1,00	0,001	0,009	0,001	0 003

Таблица 11 - Удельное выделение твердых частиц на 1 т ВВ при взрывных работах

Удельный расход ВВ, кг/м^3, Δ	Удельное выделение $q^в_{уд}$ для различных ВВ, т/т										
	Граммонит 9/21 Аммонит № 6 ЖВ	Игданит Гранулит М	Грам-монит 30/70-В	Грамонит 50/50-В	Гранулотол	Грамонал А-45	Грамонал А-8	Грану-лит А6-8	Аммонал водоустойчивый	Гранулит АС-4	Грамонал А-50
0,05	0,148	0,151	0,155	0,148	0,153	0,143	0,143	0,145	0,146	0,147	0,150
0,10	0,088	0,092	0,096	0,088	0,094	0,082	0,082	0,084	0,085	0,087	0,090
0,15	0,069	0,074	0,079	0,069	0,076	0,062	0,062	0,065	0,066	0,068	0,072
0,20	0 061	0,067	0,073	0,062	0,070	0,053	0,054	0,057	0,057	0,060	0.065
0,25	0,058	0,065	0,072	0,058	0,069	0,049	0,049	0,053	0,053	0,057	0,062
0,30	0,057	0,065	0,074	0,058	0,070	0,046	0,047	0,051	0,052	0,056	0,062
0,35	0,058	0,068	0,079	0,059	0,074	0,045	0,046	0,051	0,052	0,057	0,064
0,40	0,060	0,072	0,085	0,061	0,079	0,045	0,046	0,052	0,053	0,059	0,067
0,45	0 063	0,077	0,094	0,064	0,086	0,046	0,047	0,054	0,054	0,061	0,071
0,50	0,067	0,084	0,104	0,069	0,094	0,047	0,048	0,056	0,057	0,065	0,077
0,55	0,072	0,092	0,117	0,074	0,105	0,049	0,050	0,059	0,060	0,070	0,084
0,60	0,079	0,102	0,133	0,080	0,118	0,052	0,052	0,063	0,064	0,076	0,092
0,65	0,086	0,114	0,152	0,088	0,133	0,054	0,056	0,068	0,069	0,082	0,102
0,70	0,094	0,128	0,174	0,097	0,151	0,058	0,059	0,073	0,075	0,090	0,114
0,75	0,104	0,145	0,201	0,107	0,173	0,061	0,063	0,079	0,081	0,099	0,128
0,80	0.116	0,164	0,233	0,119	0,198	0,066	0,068	0,086	0,088	0,110	0,144
0,85	0,129	0,187	0,272	0,133	0,229	0,071	0,073	0,094	0,097	0,122	0,162
0,90	0,144	0,214	0,317	0,149	0,264	0,076	0,079	0,103	0,106	0,136	0,184
0,95	0,162	0,245	0,372	0,167	0,307	0,083	0,085	0,114	0,117	0,152	0,209
1.00	0 182	0,282	0,436	0,188	0,357	0,090	0,093	0.125	0,130	0,170	0,238

Таблица 13 - **Значения переводного коэффициента для различных ВВ**

ВВ	P
Граммонал А-45	0,79
Граммонал А-8	0,80
Гранулит АС-8	0,89
Аммонал водоустойчивый	0,90
Гранулит АС-4	0,98
Аммонит № 6ЖВ	1,00
Граммонит 79/21	1,00
Граммонит 50/50-В	1,01
Граммонал А-50	1,08
Гранулит М	1,13
Игданит	1,13
Гранулотол	1,20
Граммонит 30/70-В	1,26
Гранулит Т	1,10

ПРИМЕР 5 Рассчитать выбросы вредных веществ при взрывных работах Расчетные параметры приведены в таблице П 1 5 (Приложение 1)

Список использованных источников

1 Разработка мероприятий по снижению вредных выбросов в атмосферу при грузовых операциях с сыпучими грузами в речных портах Отчет НИР Арх. № 74954 - Санкт-Петербург Ленгипроречтранс, 1991

2 Временные методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ (пыли) в атмосферу при складировании и перегрузке сыпучих материалов на предприятиях речного флота Казикаев Д М - Белгород БТИСМ, 1992 - 35 с

3 Временное методическое руководство по определению пылеобразующей способности шахтопластов / ИГД им А А. Скочинского - М , 1975 - 13 с.

4 Временное руководство по борьбе с пылью на угольных разрезах -М Недра, 1972 - 59 с

5 Ивашкин В С Борьба с пылью и газами на угольных разрезах.- М Недра, 1980 -150 с

6 Никитин В С, Битколов Н З Проектирование вентиляции в карьере - М Недра,1980 -171 с

7 Методические указания по гигиенической оценке предприятий угольной промышленности как источников загрязнения атмосферного воздуха.- М , 1983 - 15 с

8 Поелуев А П, Лихарев Б Д, Рыжих Л И, Муравлева Л И Образование и распространение пыли при работе роторных экскаваторов // Исследование дисперсных систем при решении вопросов охраны окружающей среды Сб науч тр. / Карагандинский ун-т - Караганда, 1983 -С 14-21

9 Разработка способов снижения поверхностного пыления при перевозке угля открытым способом Отчет НИР - Белгород БТИСМ, 1990.

10 Лурье З С Транспортные устройства и склады на углеобогатительных фабриках - М Недра, 1976 - 184 с

11 Разработать предварительные рекомендации по комплексному обеспыливанию разреза «Березовский - 1» Отчет / НИИОГР - Шифр 1035150000-080.- Челябинск, 1975.

12 Склады промышленных предприятий· Справочник /О Б. Маликов и др - Л Машиностроение Ленинград отд , 1989

13 Аэрология карьеров Справочник / Бересневич П В и др.- М.· Недра, 1990.

14 Методика расчета и обоснование санитарно-защитных зон карьеров Бересневич и др - Отрасл тематический сборник / Минчермет СССР ВНИИБТГ.- М · Недра, 1986

15 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86 Л Гидрометеоиздат, 1987.

16 Методика расчета вредных выбросов (сбросов) и оценки экологического ущерба при эксплуатации различных видов карьерного транспорта / ИГД им А А Скочинского - М , 1994 - 50 с

17 Провести испытания и доводку средств по борьбе с пылью на автодорогах и при буровых работах (заключительный) Отчет / НИИОГР, Руководитель работы Пчелкин Ю В № ГР 01820078187 - Челябинск, 1984 -58 с

18 Отраслевые методические указания по определению количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при взрывных работах в угольных разрезах / ВНИИОСуголь - Пермь, 1984 - 13 с

19 Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ предприятиями по добыче и переработке угля / ВНИИОСуголь - Пермь, 1990 - 42 с

20 Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов НПО «Союзстромэкология» - Новороссийск, 1989 г - 25 с

Приложение 1

Примеры расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу

ПРИМЕР 1 Расчет удельного и валового выброса пыли в процессе перегрузки угля грейферными кранами с производительностью 350 т/час

Таблица П 1 1

№ п/п	Наименование исходных данных	Значение исходных данных, используемых в расчетах		Обозначения и значения используемых в расчетах параметров	
		Технологические данные	Данные о перегружаемом материале		
1	Паспортная производительность грейфера. а) тонн в час б) тонн в год	 350 126000		$G_{год}$	126000
2	Коэффициент загрузки грейфера	0,36			
3	Производительность грейферного крана	0,36 х 350		$G_ч$	126
4	Содержание пыли		0 - 200 мкм	K_1	0,03
5	Содержание пыли, переходящей в аэрозоль		0 - 10 мкм	K_2	0,02
6	Местные метеоусловия	3,4 м/с		K_3	1,2
7	Степень защищенности узла пересыпки	открыт с 4-х сторон		K_4	1,0
8	Влажность материала		8%	K_5	0,7
9	Учет крупности материала		50 - 10 мм	K_7	0,5
10	Учет неравномерности выгрузки материала	Грейфер 2586 А		K_8	0,157
11	Высота перегружаемого материала	0,5 м		B	0,4
12	Коэффициент, учитывающий мощный залповый выброс при разгрузке самосвала			K_9	1,0

Подставляя данные таблицы П 1 2 в формулы (1) и (2) определим удельный и валовый выброс пыли

$$M_{гр} = 0{,}03 \cdot 0{,}02 \ 1{,}2 \ 1{,}0 \cdot 0{,}7 \ 0{,}5 \cdot 0{,}4 \ 0{,}157 \cdot 1{,}0 \ 126 \ 10^6 / 3600 = 0{,}55 \text{ г/с},$$

$$П_{гр} = 0{,}03 \ 0{,}02 \ 1{,}2 \ 0{,}7 \ 0{,}5 \ 0{,}4 \ 0{,}157 \ 1{,}0 \ 126000 = 2 \text{ т/год}$$

ПРИМЕР 2 Расчет выбросов при пересыпке угля

Погрузка угля осуществляется открытым ленточным конвейером, ширина которого - 1,8 м, длина - 200 м, годовое количество рабочих часов - 500, высота пересыпа - 2 м Количество отгружаемого угля влажностью 7% составляет 110000 т/год, максимальное количество отгружаемого угля в течение часа - 300 т Пылеподавление при погрузке угля не применяется Для местности, где расположен пункт погрузки, характерна часто повторяемая скорость ветра 4,5 м/с

Таблица П 1 2

№ п/п	Характеристики, обозначения, расчет	Единица	Значения
1	Коэффициент, учитывающий влажность породы, K_5		1,0
2	Коэффициент, учитывающий скорость ветра, K_3		1,2
3	Коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, K_4		1,0
4	Коэффициент, учитывающий высоту пересыпа материала, В		0,7
5	Удельное выделение твердых частиц с тонны перегружаемого угля, $q^n_{уд}$	г/т	3,0
6	Эффективность применяемых средств пылеподавления, η	доля единицы	0
7	Количество перегружаемого угля, $П_п$	т/год	110000
8	Максимальное количество перегружаемого угля, $П_ч$	т/ч	300
9	Ширина конвейерной ленты, L	М	1,8
10	Длина конвейера, l	М	200
11	Годовое количество рабочих часов, Т	ч/год	500

Суммарная масса твердых частиц, выделяемых при погрузочно-разгрузочных работах

$$M_п = 1,2\ 1,0\ 1,0\ 0,7\ 3,0\ 110000 \cdot 10^{-6} = 0,28 \text{ т/год},$$

$$M_п = 1,2\ 1,0\ 1,0\ 0,7\ 3,0\ 300 / 3600 = 0,21 \text{ г/с},$$

Суммарная масса твердых частиц, сдуваемых при транспортировании горной массы открытым ленточным конвейером

$$M_к = 3,6\ 1,2\ 1,0\ 3\ 10^5\ 1,8\ 200\ 0,1\ 500 = 2,33 \text{ т/год},$$

$$M_к = 1,2\ 1,0\ 3\ 10^5\ 1,8\ 200\ 0,1\ 10^3 = 1,30 \text{ г/с}$$

Суммарная масса твердых частиц, выделяющихся при погрузке угля

$$M = 0,28 + 2,33 = 2,61 \text{ т/год},$$

$$M = 0,21 + 1,30 = 1,51 \text{ г/с}.$$

ПРИМЕР 3 Расчет удельного и валового выброса пыли в процессе хранения угля в открытом складе

Таблица П 1 3

№ п/п	Наименование исходных данных	Значение исходных данных, используемых в расчетах		Обозначения и значения используемых в расчетах параметров	
		Технологические данные	Данные о перегружаемом материале		
1	2	3	4	5	6
1	Степень защищенности склада	Открыт с 4-х сторон		K_4	1,0
2	Влажность материала		7%	K_5	0,6
3	Учет крупности материала		50-10 мм	K_7	0,5
4	Площадь поверхности	50 м х 120 м		$F_{пл}$	6000 $м^2$
5	Площадь поверхности склада при его максимальном заполнении	7200 $м^2$		$F_{макс}$	7200 $м^2$
6	Площадь в плане, на которой производятся систематические работы	3000 $м^2$		$F_{раб}$	3000 $м^2$
7	Коэффициент, учитывающий профиль поверхности	7200/6000		K_6	1,2
8	Высота склада	10 м		B	2,5
9	Угол естественного откоса		40^0		
10	Скорость ветра (средняя за год)	3,4 м/с			
11	Сдуваемость материала		4,2 10^3 г/($м^2$ с)	q	4,2 10^3 г/($м^2$ с)
12	Опасная скорость ветра				1,38 м/с
13	Сдуваемость при опасной скорости ветра	1,38 м/с		q	0,23 10^3г/($м^2$ с)
14	Коэффициент пылеподавления	0		η	0
15	Общее время хранения			T	270
16	Число дней с устойчивым снежным покровом	120		T_c	120
17	Количество часов с дождем	96		$T_д$	8

Подставляя данные таблицы П 1 3 в формулы (8) и (9), определим удельный и валовый выброс пыли

$M_{хр}$ = 1,0 0,6 1,2 0,5 0,23 10^3 3000+1,0 0,6 1,2 0,5 0,11· 0,23 10^3 (6000-3000) (1-0)= 0,28 г/с

$П_{хр}$ = 0,11 8,64 10^2 1,0 0,6 1,2 0,5 4,2 10^3 6000 (1-0) (270 – 8 - 120) = 12,24 т/ год

ПРИМЕР 4 Расчет выбросов твердых частиц при буровых работах
При работе бурового станка, не оснащенного системой пылеулавливания, диаметр буримых скважин равен 0,25 м, скорость бурения - 12,0 м/ч, плотность породы - 1,8 т/м^3 Годовое количество рабочих часов бурового станка составляет 520

Таблица П 1 4

№ п/п	Характеристики, обозначения, расчет	Единица	Значение
1	Диаметр буримых скважин, d	м	0,25
2	Скорость бурения, $\upsilon_б$	м/ч	12,0
3	Плотность породы, ρ	т/м^3	1,8
4	Годовое количество рабочих часов, Т	ч/год	520
5	Эффективность средств пылеулавливания, η	доля единицы	0
6	Содержание пылевой фракции в буровой мелочи, K_1	доля единицы	0,10
7	Доля пыли (от всей массы пылевой фракции), переходящая в аэрозоль, K_2		0,02

Суммарная масса твердых частиц, выделяющихся при работе бурового станка

$$M_б = 0,785\ 0,25^2\ 12,0\ 1,8\ 520\ 0,10\ 0,02 = 1,10 \text{ т/год},$$

$$M_б = 0,785\ 0,25^2\ 12,0\ 1,8\ 0,10\ 0,02 \cdot 10^3 / 3,6 = 0,60 \text{ г/с}.$$

ПРИМЕР 5 Расчет выбросов вредных веществ при взрывных работах
Количество взрывчатки, используемой при производстве одного взрыва, составило 1,3 т, в том числе аммонита ПЖВ - 0,19 т, аммонита 6 ЖВ - 0,89 т, гранулотола - 0,18 т, граммонита 30/70 - 0,05 т Объем взорванной массы равен 5800 м^3. При взрывных работах средства пылеподавления не применяются

Таблица П 1 5

№ п/п	Характеристики, обозначения, расчет	Единица	Значение
1	Количество взорванного ВВ, А	т	1,3
2	Объем взорванной горной массы, $V_{гм}$	м^3	5800
3	Удельный расход ВВ на 1 м^3 взорванной массы, Δ	кг/м^3	0,22
4	Удельное выделение вредных веществ при взрыве 1 т ВВ, $q_{уд}^{в}$	т/т	
	а) аммонита ПЖВ		0,0598
	б) аммонита 6 ЖВ		0,0598
	в) гранулотола		0,0696
	г) граммонита 30/70		0,0726
	удельное выделение оксида углерода		
	а) аммонита ПЖВ		0,022
	б) аммонита 6 ЖВ		0,022
	в) гранулотола		0,022
	г) граммонита 30/70		0,030
	удельное выделение оксидов азота		0,0025

Продолжение таблицы П 1 5

5	Количество взорванных различного вида ВВ, А A_1 аммонита ПЖВ A_2 аммонита 6 ЖВ A_3 гранулотола A_4 граммонита 30/70	т	 0,19 0,89 0,18 0,04
6	Безразмерный коэффициент, учитывающий гравитационное оседание вредных веществ в пределах разреза, К для твердых частиц для газов		 0,16 1,0
7	Эффективность средств пылеподавления, η	доля единицы	0

Суммарная масса твердых частиц, выбрасываемых с пылегазовым облаком за пределы разреза при производстве одного взрыва

$M_в^{тв} = 0,16\ (0,0598\ 0,19 + 0,0598\ 0,89 + 0,0696\ 0,18 + 0,0726\ 0,04) = 0,013$ т,

Количество оксида углерода, выбрасываемого с пылегазовым облаком за пределы разреза при производстве одного взрыва

$M_в^{co} = 0,022\ 0,19 + 0,022\ 0,89 + 0,18\ 0,022 + 0,030\ 0,04 = 0,029$ т,

Количество оксидов азота, выбрасываемых с пылегазовым облаком за пределы разреза при производстве одного взрыва

$M_в^{NO} = 0,0025\ 1,3 = 0,003$ т,

Суммарная масса выделяющихся из горной массы после взрыва твердых частиц и оксидов азота

$M_{т.м}^{тв} = 0,\ M_{т.м}^{no} = 0,$

Количество выделяющегося из горной массы после взрыва оксида углерода

$M_{т.м}^{co} = 0,5\ 0,029 = 0,015$ т,

Количество выделяющихся при взрывных работах вредных веществ

$M_в^{тв} = 0,013+0 = 0,013$ т,

$M_в^{co} = 0,029+0,015 = 0,044$ т,

$M_в^{NO} = 0,003+0 = 0,003$ т

ЗАО «НИПИОТСТРОМ» , 353907, Новороссийск, Анапское шоссе, 15
Для телеграмм Новороссийск, 7 НПО «Стромэкология»
Телефоны. (8617) 22-14-92, 22-36-58
Телетайп: 279 428 OZON RU
Телекс: 279 128 ECO RU
Факс/тел · (8617) 22-06-88

gost.e-ecolog.ru