

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

А.А. Павленко

**ПРАКТИКУМ
ПО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Воронеж 2016

УДК 5(069)(021)

Павленко А.А. Практикум по природопользованию и охране окружающей среды: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые и граф. данные (3,75 Мб) / А.А. Павленко. - Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) : цв. – Систем. требования : ПК 500 и выше; 256 Мб ОЗУ ; Windows XP ; SVGA с разрешением 1024x768 ; MS Word 2007 или более поздняя версия; CD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с экрана.

Учебное пособие содержит учебный материал и задания для практических и семинарских занятий, самостоятельной работы и может использоваться студентами при изучении природопользования и охраны окружающей среды. В процессе изучения происходит углубление знаний по основным направлениям прикладной экологии и природопользования. Большое внимание уделяется принципам рационального природопользования и пониманию важнейших направлений экологизации производства и экономики.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность» (профили «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», «Защита окружающей среды»), дисциплинам «Природопользование» и «Охрана окружающей среды».

Табл. 18. Ил. 1. Библиогр.: 7 назв.

Научный редактор канд биол. наук, доц. Т.В. Овчинникова

Рецензенты: кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (зав. кафедрой д-р биол. наук, проф. А.Т. Козлов); канд. геогр. наук, доц. Т.В. Ашихмина

© Павленко А.А., 2016

© Оформление. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Специалист в любой сфере деятельности должен обладать экологическими знаниями, понимать сущность современных проблем взаимодействия общества и природы, разбираться в причинной обусловленности возможных негативных воздействий хозяйственной деятельности на окружающую природную среду, уметь квалифицированно оценить характер, направленность и последствия влияния конкретной деятельности человека на природу, увязывая решение производственных задач с соблюдением соответствующих природоохранных требований, вырабатывать и осуществлять научно обоснованные решения экологических проблем. Отсюда велика роль подготовки экологических кадров, экологического образования и воспитания. Для преодоления экологического кризиса и острых противоречий во взаимоотношениях общества и природы необходим новый образ мышления, переход к экологизации экономики и производства, а в перспективе - к постиндустриальной экологически ориентированной цивилизации. В этих условиях чрезвычайно актуальной становится экологическая подготовка инженеров. Нужна новая система знаний, построенная на едином теоретическом фундаменте и выходящая за традиционные рамки экологии как биологической науки. Требования новой стратегии неизмеримо шире задач охраны окружающей среды, они не сводятся лишь к сокращению потока загрязнений. Новые знания должны помочь будущим специалистам организовать человеческое хозяйство в условиях жестких экологических ограничений.

I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Практическая работа № 1.

Расчет объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Цель работы: определение годового выброса загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу (по видам загрязнений в зависимости от расхода и вида топлива) и максимального выброса ЗВ для самого холодного месяца.

Задание

1.1. Рассчитать годовой выброс ЗВ (в тоннах) от котельной.

1.2. Рассчитать максимальный выброс ЗВ (в граммах в секунду) для самого холодного месяца.

1.3. Сделать краткие выводы.

Варианты заданий приведены в прил. 1.

Порядок выполнения работы

Расчетный метод основан на наличии удельных нормативов выбросов ЗВ на единицу сырья, энергии или выпускаемой продукции. В этом случае для определения массового выброса ЗВ удельный норматив умножается на программу выпуска продукции за расчетное время:

$$M = qV, \quad (1.1)$$

где M – масса выброса, т (кг); q – удельный выброс на единицу сырья, энергии, продукции, т/т, т/м³; V – программа выпуска продукции в натуральных единицах.

Расчет может осуществляться также по более сложным зависимостям и полуэмпирическим формулам.

Рассмотрим расчет выбросов ЗВ в атмосферу на примере наиболее распространенного источника загрязнения атмосферного воздуха – малых котлов производительностью до 30 т/ч пара. Основными контролируемыми веществами являются твердые взвешенные частицы (ТВЧ), сернистый ангидрид (SO₂), двуокись азота (NO₂) и оксид углерода (CO).

Твердые частицы. Расчет выбросов твердых частиц летучей золы и недогоревшего топлива, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегата в единицу времени при сжигании твердого топлива и мазута, выполняется по формуле

$$M_{\text{твч}} = BA^r \chi (1 - \eta), \quad (1.2)$$

где B – расход топлива, т/год, г/с; A^r – зольность топлива, %; η – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях;

$$\chi = a_{\text{ун}} / (100 - \Gamma_{\text{ун}});$$

$a_{\text{ун}}$ – доля золы топлива в уносе, %; $\Gamma_{\text{ун}}$ – содержание горючего в уносе, %.

Значения A^r , $\Gamma_{\text{ун}}$, $a_{\text{ун}}$, η принимаются по фактическим средним показателям; при отсутствии этих данных A^r определяется по характеристикам сжигаемого топлива (прил. 2), η – по техническим данным применяемых золоуловителей, χ – по табл. 1.1.

Оксиды серы. Расчет выбросов оксидов серы в пересчете на SO_2 , выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов в единицу времени, выполняется по формуле

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02BS^r (1 - \eta'_{\text{SO}_2}) (1 - \eta''_{\text{SO}_2}), \quad (1.3)$$

где B – расход натурального твердого и жидкого, т/год, т/ч, г/с и газообразного, тыс. м³/год, тыс. м³/ч, л/с топлива; S^r – содержание серы в топливе в рабочем состоянии, %; η'_{SO_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива; для эстонских и ленинградских сланцев принимается равной 0,8; остальных сланцев – 0,5; углей Канско-Ачинского бассейна – 0,2, березовских – 0,5; торфа – 0,15; прочих углей – 0,1; мазута – 0,02; газа – 0,0; η''_{SO_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе; для сухих золоуловителей принимается равной нулю, для мокрых (в зависимости от щелочности орошающей воды) до 5-15 % (см. прил. 1).

Таблица 1.1

Значения коэффициента χ и K_{CO} в зависимости от вида топки и топлива

Тип топки	Топливо	χ	K_{CO} , кг/ГДж
С неподвижной решеткой и ручным забросом топлива	Бурые и каменные угли	0,0023	1,9
	Антрациты	0,0030	0,9
	АС и АМ	0,0078	0,8
	АРШ		
С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Бурые и каменные угли	0,0026 0,0088	0,7 0,6
	Антрацит АРШ		
С цепной решеткой притяжного хода	Антрацит АС и АМ	0,0020	0,4
С забрасывателями и цепной решеткой	Бурые и каменные угли	0,0035	0,7
Шахтная	Твердое топливо	0,0019	2,0
Слоевые топки бытовых теплоагрегатов	Дрова	0,0050	14,0
	Бурые угли	0,0011	16,0
	Каменные угли	0,0011	7,0
	Антрацит, тощие угли	0,0011	3,0
Камерные: паровые и водогрейные котлы бытовые теплогенераторы	Мазут	0,010	0,32
	Газ природный, попутный и коксовый	-	0,25
	Газ природный	-	0,08
	Легкое жидкое (печное) топливо	0,010	0,16

При наличии в топливе сероводорода, расчет выбросов дополнительного количества оксидов серы в пересчете на SO_2 ведется по формуле

$$M_{SO_2} = 1,88 \cdot 10^{-2} [H_2S]B, \quad (1.4)$$

где $[H_2S]$ – содержание сероводорода в топливе, %.

Оксид углерода. Расчет выбросов оксида углерода в единицу времени выполняется по формуле

$$M_{\text{CO}} = 0,001 C_{\text{CO}} B \left(1 - \frac{q_4}{100} \right), \quad (1.5)$$

где B – расход топлива, т/год, тыс. м³/год, г/с, л/с; q_4 – потери теплоты вследствие механической неполноты сгорания топлива, %; C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т, кг/тыс.м³ топлива,

$$C_{\text{CO}} = q_3 R Q_i^r, \quad (1.6)$$

q_3 – потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, %; R – коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленной наличием в продуктах сгорания оксида углерода, для твердого топлива $R = 1$, для газа $R = 0,5$, для мазута $R = 0,65$; Q_i^r – низшая теплота сгорания топлива в рабочем состоянии, МДж/кг, МДж/м³.

При отсутствии эксплуатационных данных q_3 , q_4 принимаются по табл. 1.2.

Ориентировочная оценка выброса оксида углерода может проводиться по формуле

$$M_{\text{CO}} = B Q_i^r K_{\text{CO}} \left(1 - \frac{q_4}{100} \right), \quad (1.7)$$

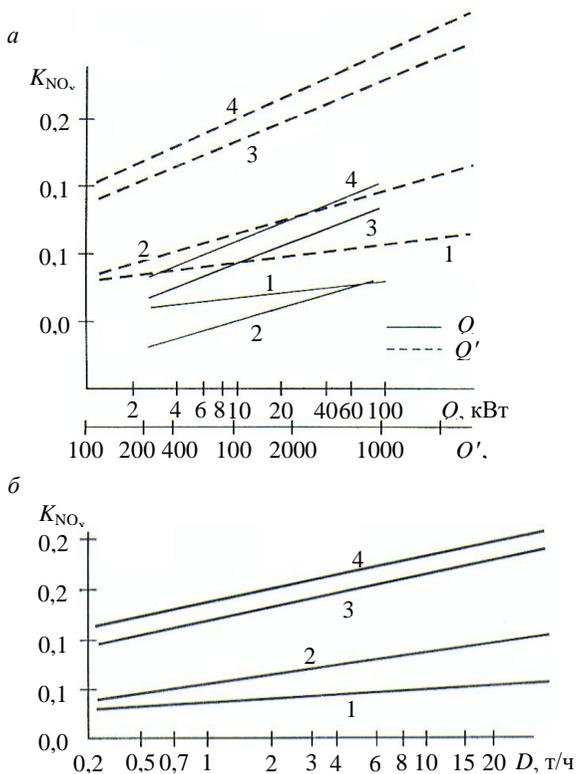
где K_{CO} – количество оксида углерода на единицу теплоты, выделяющейся при горении топлива, принимается по табл. 1.1.

Оксиды азота. Количество оксидов азота (в пересчете на NO₂), выбрасываемых в единицу времени, рассчитывается по формуле

$$M_{\text{NO}_2} = 0,001 B Q_i^r K_{\text{NO}_2} (1 - \beta), \quad (1.8)$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период времени, т/год, тыс.м³/год, г/с, л/с; Q_i^r – теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг, МДж/м³; K_{NO_2} –

количество оксидов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг/ГДж; β – коэффициент, зависящий от степени снижения выбросов оксидов азота в результате применения технических решений, для малых котельных, как правило, $\beta = 0$.



Зависимости K_{NO_x} от тепловой мощности (а)

и паропроизводительности (б) конгломерата (1 – природный газ, мазут; 2 – антрацит; 3 – бурый уголь; 4 – каменный уголь)

Значение K_{NO_2} определяется по графикам (рисунок) для различных видов топлива в зависимости от номинальной нагрузки котлоагрегатов.

Таблица 1.2

Характеристика топок котлов малой мощности

Тип топки и котла	Топливо	α	q_3	q_4
Топка с цепной решеткой	Воркутинский уголь	1,5	0,5	10
Топка с пневмомеханическими забрасывателями и цепной решеткой прямого хода	Угли типа кузнецких	1,3	0,5	3
	Угли типа печорских	1,3	0,5	5
	Бурые угли	1,3	0,5	4
Топка с пневмомеханическими забрасывателями и цепной решеткой обратного хода	Каменные угли	1,3	0,5	3
	Бурые угли	1,3	0,5	4,5
Топка с пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	Воркутинский уголь	1,6	0,5	10
	Бурые угли типа подмосковных	1,4	0,5	7,5
	Угли типа кузнецких	1,4	0,5	3
Слоевая топка котла паропроизводительностью более 2 т/ч	Каменные угли	1,4	3	3
Камерная топка с твердым шлакоудалением	Каменные угли	1,2	0,5	3
	Бурые угли	1,2	0,5	1,5
	Фрезерный торф	1,2	0,5	1,5
	Мазут	1,1	0,5	0,0
Камерная топка	Газ (природный, попутный)	1,1	0,5	0,0
	Доменный газ	1,1	1,5	0,0
	Бурые угли	1,6	2,0	8,0
	Каменные угли	1,5	2,0	7,0
Топка с неподвижной решеткой и ручным забросом топлива (шахтная)	Антрациты, АМ, АС	1,7	1,0	10,0

Значения α – для парогенераторов производительностью более 10 т/ч, значения q_3 и q_4 – при остром дутье и наличии возврата уноса, а также для котлов производительностью 25-

Образование токсичных веществ в процессе выгорания топлива в отопительных котлах мощностью до 85 кВт

Тип котла	Топливо	Режим горения	C ₂₆ H ₁₂ , мкг/100 м ³	NO ₂ , мг/м ³	NO, мг/м ³	CO, %
КС-2	Каменный уголь	Начало выгорания	8,97	5	205	-
		Основной период горения	33,55	25	180	-
КЧМ-3 (7 секций)	Антрацит	Розжиг дров	111,2	6-8	110	-
		Догорание дров	346,1	30-40	70-80	-
		Начало погрузки угля	13,6	10	120	0,11
		Конец погрузки	53,6	20	110	0,28
КЧМ-3 (7 секций)	Природный газ	Основной период горения	17,2-13,4	30	100	0,08
		α = 1,20	8-2	2,5	140	0,008
		α = 1,40	-	35	150	-
		α = 1,80	-	50	150	-
		α = 2,20	-	60	160	-
КС-3	ТПБ (легкое жидкое топливо)	α = 2,8	-	80	180	0,065
		α = 1,25	60	25	250	0,07
		α = 1,40	350	80	140	0,02

Если имеются данные о содержании оксидов азота в дымовых газах, то выброс вычисляется по формуле

$$M_{NO_x} = 20,4C_{NO_x} VB \left(1 - \frac{q_4}{100} \right), \quad (1.9)$$

где C_{NO_x} – известное содержание оксидов азота в дымовых газах, % по объему; значения C_{NO_x} для маломощных котлов приведены в табл. 1.3; V – объем продуктов сгорания топлива

при известном α , м³/кг; α – коэффициент избытка воздуха (см. табл. 1.2), $V = V_r^0 \alpha$; значения V_r^0 для некоторых топлив даны в прил. 2. В прил. 2, 3 приведены основные характеристики твердых, жидких и газообразных топлив.

Пример 1.1

Котельная с топкой, неподвижной решеткой и ручным забросом топлива работает на каменном угле Кузнецкого месторождения. Производительность котельной 2,5 т/ч пара. Расход топлива 730 т/год. Расход топлива в самый холодный месяц 160 т. Степень очистки газа мокрого золоуловителя по ТВЧ – 90 %, по сернистому ангидриду – 8 %.

Определить:

- годовой выброс ЗВ в атмосферу;
- максимальный выброс ЗВ для наиболее холодного месяца.

Решение

1. Необходимые для расчета исходные данные: $A^r = 13,2$ %; $S^r = 0,4$ %; $Q^r = 22,93$ МДж/кг; $\eta^1 = 0,1$; $R = 1$; $\chi = 0,0023$; $q_3 = 2$ %; $q_4 = 7$ %.

2. Промежуточные расчетные параметры: $C_{CO} = q_3 R Q_i^r = 2 \cdot 1 \cdot 22,93 = 45,86$ кг/т; $K_{NO_x} = 0,19$ (рисунок).

3. Находим выброс ЗВ в атмосферу:

$$M_{ТВЧ} = BA^r \chi (1 - \eta) = 730 \cdot 13,2 \cdot 0,0023 (1 - 0,9) = 2,22 \text{ т/год};$$

$$M_{SO_2} = 0,02BS^r (1 - \eta'_{SO_2}) (1 - \eta''_{SO_2}) = 0,02 \cdot 730 \cdot 0,4 \cdot (1 - 0,1) (1 - 0,08) = 4,84 \text{ т/год};$$

$$M_{CO} = 0,001BC_{CO} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) = 0,001 \cdot 45,86 \cdot 730 (1 - 0,07) = 31,1 \text{ т/год};$$

$$M_{NO_2} = 0,001BQ^r K_{NO_x} (1 - \beta) = 0,001 \cdot 730 \cdot 22,93 \cdot 0,19 (1 - 0) = 3,18 \text{ т/год}.$$

Пример 1.2

Находим максимальный секундный выброс ЗВ (b) и массу (m), используя цифровые данные, приведенные в прил.1.

Решение

$$b = \frac{M_{\max}}{31 \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{160 \cdot 10^6}{2,68 \cdot 10^6} = 59,7 \text{ г/с};$$

$$m_{\text{ТВЧ}} = M_{\text{ТВЧ}} \frac{b}{B} = 2,22 \cdot \frac{59,7}{730} = 0,18 \text{ г/с};$$

$$m_{\text{SO}_2} = M_{\text{SO}_2} \frac{b}{B} = 4,84 \cdot \frac{59,7}{730} = 0,40 \text{ г/с};$$

$$m_{\text{NO}_2} = M_{\text{NO}_2} \frac{b}{B} = 3,18 \cdot \frac{59,7}{730} = 0,26 \text{ г/с};$$

$$m_{\text{CO}} = M_{\text{CO}} \frac{b}{B} = 31,1 \cdot \frac{59,7}{730} = 2,55 \text{ г/с}.$$

Практическая работа № 2

Расчет выбросов твердых частиц неорганизованными источниками (породные отвалы, открытые склады угля)

Цель работы: определение общего количества твердых частиц, попадающих в атмосферу в результате формирования породных отвалов и складов угля, сдувания частиц с их пылящей поверхности.

Задание

2.1. Рассчитать выбросы твердых частиц с породных отвалов.

2.2. Рассчитать выбросы твердых частиц с открытых складов угля.

2.3. Сделать краткие выводы и предложить природоохранные мероприятия.

Варианты заданий приведены в прил. 4.

Порядок выполнения работы

2.1. Выбросы твердых частиц в атмосферу породными отвалами определяются как сумма выбросов при формировании отвалов и при сдувании частиц с их пылящей поверхности.

Количество твердых частиц, выделяющихся при формировании отвалов, определяется по формуле

$$M_{\circ}^{\phi} = K_{\circ} K_1 q_{\text{уд}}^{\circ} \Pi(1 - \eta^1) \cdot 10^{-6}, \quad (2.1)$$

где K_{\circ} – коэффициент, учитывающий влажность материала, принимается по табл. 2.1; K_1 – коэффициент, учитывающий скорость ветра, принимается по табл. 2.2; $q_{\text{уд}}^{\circ}$ – удельное выделение твердых частиц с 1 м^3 породы, подаваемой в отвал,

г/м^3 , принимается по табл. 2.3; Π – количество породы, подаваемой в отвал, $\text{м}^3/\text{год}$; η^1 – эффективность применяемых средств пылеподавления дол. ед, определяется экспериментально либо принимается по справочным данным.

Таблица 2.1

Зависимость величины K_o от влажности материала

Влажность материала, %	Значение K_o
До 0,5	2,0
0,5-1,0	1,5
1,0-3,0	1,3
3,0-5,0	1,2
5,0-7,0	1,0
7,0-8,0	0,7
8,0-9,0	0,3
9,0-10,0	0,2
Более 10,0	0,1

Таблица 2.2

Зависимость коэффициента K_1 от скорости ветра

Скорость ветра v , м/с	Значение K_1
До 2	1,0
2-5	1,2
5-7	1,4
7-10	1,7

Примечание. Величина K_1 определяется по значению наиболее часто повторяющейся для данной местности скорости ветра.

Для расчета нормативов ПДВ количество выделяющихся твердых частиц при формировании породных отвалов определяется по формуле

$$M_o^{\Phi'} = \frac{K_o K_1 q_{уд}^o \Pi_{\text{ч}} (1 - \eta^1)}{3600}, \quad (2.2)$$

где $\Pi_{\text{ч}}$ – максимальное количество породы, поступающей в отвал, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Таблица 2.3

Удельное выделение твердых частиц при формировании
отвалов

Наименование оборудования	Значение $q_{уд}^{\circ}$, г/м ³
Отвалообразование плоских отвалов	
Драглайн ЭШ-15/90, ЭШ-20/90	18,0
Драглайн ЭШ-10/70	26,6
Драглайн ЭШ-4/40, ЭШ-6/45, ЭШ-5/45	64,0
Отвалообразователь ОШР-5250/190	2,7
Бульдозер	5,6
Разгрузка автосамосвала	10,0

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности породных отвалов, определяется по формуле

$$M_o^c = 86,4K_o K_1 K_2 S_o W_o \gamma (365 - T_c)(1 - \eta^1), \quad (2.3)$$

где K_2 – коэффициент, учитывающий эффективность сдувания твердых частиц; $K_1 = 1$ для действующих отвалов; $K_2 = 0,2$ в первые три года после прекращения эксплуатации; $K_2 = 0,1$ в последующие годы до полного озеленения отвала; S_o – площадь пылящей поверхности отвала, м²; W_o – удельная сдуваемость твердых частиц с пылящей поверхности отвала, принимается равной $0,1 \cdot 10^{-6}$ кг/м²·с; γ – коэффициент измельчения горной массы, принимается равным 0,1; T_c – количество дней в году с устойчивым снежным покровом.

При подстановке в формулу (2.2) значений W_o и γ получаем формулу

$$M_o^c = 86,4K_o K_1 K_2 S_o (365 - T_c)(1 - \eta^1) \cdot 10^{-8}. \quad (2.4)$$

Для расчета нормативов ПДВ количество сдуваемых с поверхности породных отвалов твердых частиц определяется по формуле

$$M_o^c = K_o K_1 K_2 S_o W_o (1 - \eta^1) \cdot 10^3. \quad (2.5)$$

При подстановке в формулу (2.5) значений W_o и γ формула принимает вид

$$M_o^c = K_o K_1 K_2 S_o (1 - \eta^1) \cdot 10^{-5}. \quad (2.6)$$

2.2. Выбросы твердых частиц в атмосферу открытыми складами угля определяются как сумма выбросов при формировании складов и при сдувании с их поверхности.

Количество твердых частиц, выделяющихся в процессе формирования открытых складов угля, определяется по формуле

$$M_{ск}^{\phi} = K_o K_1 K_4 K_5 q_{уд}^{ск} \Pi_y (1 - \eta^1) \cdot 10^{-6}, \quad (2.7)$$

где K_o – коэффициент, учитывающий влажность угля, принимается по табл.2.1; K_4 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности угля от внешних воздействий, принимается по табл.2.4; K_5 – коэффициент, учитывающий высоту пересыпки материала, принимается по табл.2.5; $q_{уд}^{ск}$ – удельное выделение твердых частиц с тонны угля, поступающих на склад, принимается равным 3,0 г/т; Π_y – количество угля, поступающего на склад, т/год.

Для расчета нормативов ПДВ количество твердых частиц, выделяемых в процессе формирования склада угля, определяется по формуле

$$M_{ск}^{\phi'} = \frac{K_o K_1 K_4 K_5 q_{уд}^{ск} \Pi_m (1 - \eta^1)}{3600}, \quad (2.8)$$

где Π_m – максимальное количество угля, поступающее на склад, т/ч.

Таблица 2.4

Зависимость коэффициента K_4 от местных условий

Местные условия	Значение K_4
Склады, хранилища, открытые	
а) с четырех сторон	1,0
б) с трех сторон	0,8
в) с двух сторон полностью	0,6
г) с двух сторон частично	0,5
д) с одной стороны	0,1
е) загрузочный рукав закрыт с четырех сторон	0

Таблица 2.5

Зависимость коэффициента K_5 от высоты падения материала

Высота падения материала h , м	Значение K_5
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

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности открытых складов угля, определяется по формуле:

$$M_{\text{ск}}^c = 31,5 K_0 K_1 K_4 K_6 W_{\text{ш}} \gamma S_{\text{ш}} (1 - \eta') \cdot 10^3, \quad (2.9)$$

где K_6 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного материала и определяемый как отношение $S_{\text{факт}}/S_{\text{ш}}$, значение K_6 колеблется в пределах 1,3-1,6 в зависимости от крупности материала и степени заполнения склада; $S_{\text{факт}}$ – фактическая поверхность склада, м^2 ; $S_{\text{ш}}$ – площадь основания штабелей угля, м^2 ; $W_{\text{ш}}$ – удельная сдуваемость твердых частиц с поверхности штабеля угля, принимается равной $1,0 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$; γ – коэффициент

измельчения горной массы, принимается равным 0,1.

При подстановке в формулу (2.9) значений $W_{ш}$ и γ получаем формулу

$$M_{ск}^c = 31,5K_o K_1 K_4 K_6 S_{ш} (1 - \eta') \cdot 10^{-4}. \quad (2.10)$$

Для расчета нормативов ПДВ количество твердых частиц, выделяемых при сдувании с поверхности складов угля, определяется по формуле

$$M_{ск}^c = K_o K_1 K_4 K_6 W_{ш} \gamma S_{ш} (1 - \eta') \cdot 10^3. \quad (2.11)$$

При подстановке в формулу (2.11) значений $W_{ш}$ и γ она принимает вид

$$M_{ск}^c = K_o K_1 K_4 K_6 S_{ш} (1 - \eta') \cdot 10^{-4}. \quad (2.12)$$

Пример 2.1

На шахте объединения имеется плоский, действующий, не горящий породный отвал. Порода доставляется автосамосвалами и планируется бульдозером. Ежегодно в отвал подается 62400 м^3 породы с влажностью 5 %. Максимальное количество породы, поступающей на отвал в течение часа, составляет $7,3 \text{ м}^3$. Площадь пылящей поверхности отвала равна 13000 м^2 . Пылеподавление на данном отвале не применяется. Для местности, где расположен отвал, характерны часто повторяющаяся скорость ветра $4,5 \text{ м/с}$ и 180 дней с устойчивым снежным покровом.

Исходные данные для примера приведены ниже:

Коэффициент, учитывающий влажность породы, K_o (из табл. 2.1) 1,0

Коэффициент, учитывающий скорость ветра, K_1 (из табл. 2.2) 1,2

Удельное выделение твердых частиц с 1 м^3 породы, подаваемой в отвал $q_{уд}^o$ (из табл. 2.3): $5,6 \text{ г/м}^3$
 $10,0 \text{ г/м}^3$

для бульдозера

для разгрузки автосамосвалов

Количество породы, подаваемой в отвал, П	62400 м ³ /Г
Максимальное количество породы, поступающей в отвал, П ₄	од 7,3 м ³ /ч
Эффективность применяемых средств пылеподавления η	0
Коэффициент, учитывающий эффективность сдувания твердых частиц, K ₂	1,0
Площадь пылящей поверхности S ₀	13000 м ²
Годовое количество дней с устойчивым снежным покровом T _c	180 дней

Решение

Количество твердых частиц, выделяющихся при формировании отвала:

по формуле (2.1)

$$M_{\phi}^{\phi} = 1,2 \cdot (5,6 + 10,0) \cdot 62400 \cdot 10^{-6} = 1,17 \text{ т/Г};$$

по формуле (2.2)

$$M_{\phi}^{\phi'} = \frac{1,2 \cdot (5,6 + 10,0) \cdot 7,3}{3600} = 0,04 \text{ Г/с.}$$

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности породного отвала:

по формуле (2.4)

$$M_{\phi}^c = 86,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 13000 \cdot (365 - 180) \cdot 10^{-8} = 2,49 \text{ т/год};$$

по формуле (2.6)

$$M_{\phi}^c = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 13000 \cdot 10^{-5} = 0,16 \text{ Г/с.}$$

Выброс твердых частиц с данного отвала:

$$M_0 = 1,17 + 2,49 = 3,66 \text{ т/год};$$

$$M_0 = 0,04 + 0,16 = 0,20 \text{ Г/с.}$$

Пример 2.2

Количество угля влажностью 6 %, поступающего на открытый со всех сторон склад, составляет 60000 т/год, максимальное количество угля, поступающего на склад в течение часа 7,0 т. Высота пересыпа 1,5 м, площадь основания штабелей угля 1000 м².

Пылеподавление на данном складе не применяется. Для местности, где расположен склад, характерна часто повторяющаяся скорость ветра 6 м/с.

Исходные данные для примера приведены ниже:

Коэффициент, учитывающий влажность породы, K_0 (из табл. 2.1)	1,0
Коэффициент, учитывающий скорость ветра, K_1 (из табл. 2.2)	1,4
Коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, K_4 (из табл. 2.4)	1,0
Коэффициент, учитывающий высоту пересыпки материала, K_5 (из табл. 2.5)	0,6
Удельное выделение твердых частиц с 1 т угля, поступающего на склад, $q_{уд}^{ск}$	3,0 г/т 60000 т/
Количество угля, поступающего на склад, Π_y	год
Максимальное количество угля, поступающее на склад, Π_m	7,0 т/ч
Эффективность применяемых средств пылеподавления η	0
Коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного угля, K_6	1,5

Площадь основания штабелей угля склада $S_{шт}$

1000 м²

Решение

Количество твердых частиц, выделяющихся при формировании открытого склада:

по формуле (2.7)

$$M_{ск}^{\phi} = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 3,0 \cdot 60000 \cdot 10^{-6} = 0,15 \text{ т/год};$$

по формуле (2.8)

$$M_{ск}^{\phi'} = \frac{1,4 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 3,0 \cdot 7,0}{33600} = 0,005 \text{ г/с}.$$

Количество твердых частиц, сдуваемых с поверхности открытых складов угля:

по формуле (2.10)

$$M_{ск}^c = 31,5 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot 10^{-4} = 6,62 \text{ т/год};$$

по формуле (2.12)

$$M_{ск}^{c'} = 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1000 \cdot 10^{-4} = 0,21 \text{ г/с}.$$

Количество твердых частиц, выделяющихся от открытых складов угля:

$$M_{ск} = 0,15 + 6,62 = 6,77 \text{ т/год};$$

$$M_{ск'} = 0,005 + 0,21 = 0,215 \text{ г/с}.$$

Практическая работа №3

Определение зон воздействия и влияния производства по рассеиванию загрязняющих веществ в атмосфере

Цель работы: изучить путем выполнения конкретного расчета методику определения параметров загрязнения атмосферы от одиночных точечных источников загрязнения.

Задание

3.1. Рассчитать основные параметры рассеивания ЗВ в атмосфере.

3.2. Определить опасность загрязнения.

3.3. Сделать краткие выводы и предложить природоохранные мероприятия

Варианты заданий приведены в прил. 5.

Порядок выполнения работы

Расчет рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере выполняется в соответствии с ОНД-86.

Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ от одиночного точечного источника выброса круглого сечения, выбрасывающего нагретую пылевоздушную смесь,

$$C_{\max} = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (3.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M – интенсивность выброса загрязняющего вещества, г/с; F – коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосфере; H – высота источника выброса от поверхности земли, м; V_1 – объем выбрасываемой пылегазовоздушной смеси, м³/с;

$$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{в}},$$

T_{Γ} – температура газовой смеси, °С; $T_{\text{в}}$ – температура

атмосферного воздуха, принимаемая для района расположения предприятия и 13 ч самого жаркого месяца по СНиПу; η – коэффициент, учитывающий влияние аэродинамических условий, здесь $\eta = 1$; m и n – коэффициенты, учитывающие условия выброса пылегазовоздушной смеси.

Коэффициенты m и n зависят от параметров:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}; \quad (3.2)$$

$$g_m = 0,65^3 \sqrt{\frac{V_1 \Delta T}{H}}, \quad (3.3)$$

где ω_0 – скорость выхода газозадушной смеси из источника выброса (трубы), м/с; D – диаметр источника выброса, м.

При $f < 100$ $m = (0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f})^{-1}$; если $g_m \geq 2$, то $n = 1$; если $0,5 \leq g_m < 2$, то $n = 0,532g_m^2 - 2,13g_m + 3,13$; если $g_m < 0,5$, то $n = 4,4g_m$.

В соответствии с районом расположения предприятия коэффициент A принимает следующие значения:

Районы южнее 40° с.ш.	250
Европейская часть территории России южнее 50° с.ш., Кавказ, Дальний Восток, Сибирь	200
Европейская часть территории России и Урала от 50° до 52° с.ш.	180
Европейская часть территории России и Урала севернее 52° с.ш.	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская и Ивановская области	140

Коэффициент F принимает следующие значения в зависимости от состояния загрязняющих веществ и

эффективности пылеулавливания:

Вещество	Эффективность пылеулавливания, %	F
Газообразные вещества	-	1
Твердые частицы	90	2
	75-90	2,5
	<75	3

Расстояние от источника выбросов до точки с максимальной приземной концентрацией

$$x_{\max} = \frac{5 - F}{4} dH, \quad (3.4)$$

где H – высота источника выброса, м.

Параметр d определяется следующим образом:

при $\vartheta_m \leq 0,5$

$$d = 2,48(1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

при $0,5 \leq \vartheta_m < 2$

$$d = 4,95 \vartheta_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f});$$

при $\vartheta_m > 2$

$$d = 7 \sqrt{\vartheta_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}).$$

Величина опасной скорости ветра, соответствующей полученным значениям C_{\max} и x_{\max} , также зависит от параметра ϑ_m : если $\vartheta_m \leq 0,5$, то $U_{\max} = 0,5 \vartheta_m$; если $0,5 \leq \vartheta_m < 2$, то $U_{\max} = \vartheta_m$; если $\vartheta_m > 2$, то $U_{\max} = \vartheta_m (1 + 0,12 \sqrt{f})$.

Пример 3.1

Рассчитать основные параметры рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере по следующим исходным данным: число источников выброса $N = 1$; высота источника выброса $H = 30$ м; диаметр устья источника выброса $D = 1,4$ м; скорость выхода газовой смеси $\omega_0 = 8$ м/с; температура газовой смеси $T_r = 125$ °С; температура воздуха $T_b = 25$ °С; интенсивность выброса $M_b = 15,5$ г/с; интенсивность выброса диоксида серы $M_{SO_2} = 12,0$ г/с; интенсивность выброса оксидов азота $M_{NO_x} = 4,2$ г/с; коэффициенты $A = 200$, $\eta = 1$; максимальные предельно допустимые концентрации выбрасываемых веществ (ПДК): золы, диоксида серы и оксидов азота соответственно 0,5; 0,5; 0,085 мг/м³.

Решение

Объем газовой смеси

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 8 = 12,3 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Превышение температуры выброса над температурой воздуха:

$$\Delta T = T_r - T_b = 125 - 25 = 100 \text{ °С}.$$

Параметры:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} = 1000 \frac{8^2 \cdot 1,4}{30^2 \cdot 100} = 0,995 \approx 1;$$

$$g_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{12,3 \cdot 100}{30}} = 2,24;$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{1} + 0,34\sqrt[3]{1}} = 0,9.$$

При $g_m \geq 2n = 1$, опасная скорость ветра

$$U_{\max} = g_m (1 + 0,12\sqrt{f}) = 2,24(1 + 0,12\sqrt{1}) = 2,5 \text{ м/с}.$$

Максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ по формуле (3.1) для золы, двуоксида серы и оксида азота, соответственно,

$$C_3 = \frac{200 \cdot 15,5 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{900 \cdot \sqrt[3]{12,3 \cdot 100}} = 0,58 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\text{SO}_2} = \frac{200 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{900 \cdot \sqrt[3]{12,3 \cdot 100}} = 0,22 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\text{NO}_x} = \frac{200 \cdot 4,2 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1}{900 \cdot \sqrt[3]{12,3 \cdot 100}} = 0,078 \text{ мг/м}^3.$$

Пример 3.2

Опасность загрязнения атмосферы:

$$j_3 = C_3 / \text{ПДК} = 0,58 / 0,5 = 1,16 > 1;$$

$$j_{\text{SO}_2} = 0,22 / 0,5 = 0,45 < 1;$$

$$j_{\text{NO}_x} = 0,078 / 0,085 = 0,92 < 1.$$

Таким образом, можно констатировать, что опасности загрязнения атмосферы SO_2 и NO_x нет, но опасность загрязнения золой существует.

Опасность загрязнения атмосферы газообразными веществами с учетом суммации воздействия при одновременном присутствии в атмосфере SO_2 и NO_x

$$j_{\text{SO}_2 + \text{NO}_x} = \frac{C_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_x}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_x}} = \frac{0,22}{0,5} + \frac{0,078}{0,085} = 1,37 > 1,$$

т.е. опасность загрязнения существует.

Параметр d при $\vartheta_m > 2$ равен

$$d = 7\sqrt{\vartheta_m} (1 + 0,28\sqrt[3]{f}) = 7\sqrt{2,24} (1 + 0,28\sqrt[3]{1}) = 13,41.$$

Расстояние от источника выброса до места с максимальной концентрацией x_{max} вычисляется по формуле

(3.2). Для золы и газообразных веществ соответственно

$$x_{\max} = \frac{5-2}{4} \cdot 13,41 \cdot 30 = 302 \text{ м};$$

$$x_{\max} = \frac{5-1}{4} \cdot 13,41 \cdot 30 = 402 \text{ м}.$$

Результаты расчета сведем в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Основные параметры рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере

Вещество	C , мг/м ³	x_{\max} , м	U_{\max} , м/с	j
Зола	0,58	302	2,5	1,16
SO ₂	0,22	402	2,5	0,45
NO _x	0,078	402	2,5	0,92
Газообразные выбросы (сумма)	-	-	-	1,37

Для расчета на компьютере исходные данные следует оформить в табличной форме (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Результаты расчета параметров рассеивания загрязняющих веществ

Номер источника выброса	H , м	D , м	ω_0 , м/с	V_1 , м ³ /с	T_{Γ} , °C	x	Массовый расход, г/с		
							Твердые	SO ₂	NO _x

Практическая работа №4

Определение уровня (класса) экологического состояния атмосферы

Цель работы: определение класса предприятий и (или) источников выбросов ЗВ и качества атмосферного воздуха.

Задание

4.1. Определить, к какому классу по степени воздействия на атмосферу относятся источники выбросов (прил. 6).

4.2. Определить, к какому классу по степени воздействия на атмосферу относятся предприятия (прил. 6).

4.3. Определить качество атмосферного воздуха (прил. 7).

4.4. Найти класс экологического состояния атмосферы (прил. 8).

Порядок выполнения работы

По степени воздействия на атмосферный воздух источники выбросов подразделяются на шесть классов: IA; I; II; III; IV; V (по степени убывания). Отнесение того или иного источника выброса к определенному классу производится через расчет параметров R и ТПВ (параметр требуемого потребления воздуха).

Параметр разбавления R приближенно показывает, во сколько раз для заданного отношения D/H (где D – диаметр устья источника; H – высота, м) нужно разбавить чистым воздухом выбрасываемую газоздушную смесь для того, чтобы концентрация примеси в ней стала равной ПДК_{имр},

$$R_{ji} = \frac{D_j}{H_j + D_j} \frac{C_{ij}}{\text{ПДК}_{\text{имр}}}, \quad (4.1)$$

где i – вещество; j – источник; D_j – диаметр устья источника, м; H_j – высота источника, м; C_{ji} – концентрация i -го вещества в устье источника, мг/м³,

$$C_{ji} = \frac{M_{ji}}{V_j}, \quad (4.2)$$

V_j – объем выбрасываемой из источника газовой смеси, м³/с; M_{ji} – количество i -го вещества, выбрасываемого j -м источником, г/с; $\text{ПДК}_{\text{имр}}$ – максимально разовая ПДК, мг/м³ (прил. 9); в случае отсутствия $\text{ПДК}_{\text{имр}}$ вместо нее принимается $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ (среднесуточная) или ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ).

ТПВ показывает расход чистого воздуха, который требуется для разбавления выбросов до концентраций, соответствующих предельно допустимым,

$$\text{ТПВ}_{ji} = 10^3 \frac{M_{ji}}{\text{ПДК}_{\text{имр}}}. \quad (4.3)$$

Расчетные параметры R_{ij} и ТПВ_{ij} сравнивают с табл. 4.1 и определяют класс источника выброса.

Таблица 4.1

Классификация источников выбросов ЗВ по степени
воздействия
на загрязнение воздушного бассейна

<i>R</i>	ТПВ, м ³ /с				
	>10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁵	10 ³ -10 ⁴	10 ² -10 ³	<10 ²
>1000	IA	I	II	III	III
100-1000	I	II	II	III	III
50-100	II	II	III	III	IV
5-50	II	III	III	IV	IV
<5	III	III	IV	IV	V

Пример 4.1

Определить, к какому классу по степени воздействия на атмосферный воздух относятся источники (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Исходные данные для примера

Номер источника	<i>H</i> , м	<i>D</i> , м	Масса <i>M</i> , г/с	<i>V</i> , м ³ /с, в устье источника	Выбрасываемые ЗВ
1	25	1,3	17,5	7,1	SO ₂
2	120	4,2	12,02 25,3	101,7	SO ₂ NO _x
3	12	0,5	0,6	0,072	Пыль (ТВЧ)

Решение

Определяем параметры R_{ji} и ТПВ_{ji} для всех источников выбросов веществ.

По источнику № 1:

$$\text{ТПВ}_{\text{ISO}_2} = 10^3 \frac{M_{ji}}{\text{ПДК}_{\text{имп}}} = 10^3 \frac{17,5}{0,5} = 3,5 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$R_{\text{ISO}_2} = \frac{D_j}{H_j + D_j} \frac{M_{ji}}{\sqrt{\text{ПДК}_{\text{имп}}}} \cdot 10^3 = \frac{1,3}{1,3 + 2,5} \cdot \frac{17,5 \cdot 10^3}{7,1 \cdot 0,5} = 246,5$$

По табл. 4.1 находим, что источник № 1 относится ко II классу.

По источнику № 2:

$$\text{ТПВ}_{2\text{SO}_2} = 10^3 \frac{12,02}{0,5} = 2,4 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$R_{2\text{SO}_2} = \frac{4,2}{4,2 + 120} \cdot \frac{12,02 \cdot 10^3}{101,7 \cdot 0,5} = \frac{4,2}{124,2} \cdot \frac{118,2}{0,5} = 7,1;$$

$$\text{ТПВ}_{\text{NO}_2} = 10^3 \cdot \frac{25,3}{0,085} = 297647 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$R_{\text{NO}_2} = 0,03 \cdot \frac{25,3 \cdot 10^3 / 101,7}{0,085} = 87,8.$$

По табл. 4.1 находим, что источник № 2 относится: по сернистому ангидриду к III классу, по двуокиси азота ко II классу.

Класс источника определяется по более жесткому значению – II класс.

По источнику № 3:

$$\text{ТПВ}_{\text{ТВЧ}} = 10^3 \cdot \frac{0,6}{0,5} = 1200 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$R_{\text{ТВЧ}} = \frac{0,5}{0,5 + 12} \cdot \frac{0,6 \cdot 10^3}{0,072 \cdot 0,5} = 666,7.$$

Источник относится ко II классу.

Определяем класс предприятия по степени его воздействия на атмосферный воздух через расчет параметра П:

$$П_i = \sum_{j=1}^n \text{ТПВ}_{ji} R_{ji}.$$

Расчетный параметр $П_j$ сравнивается с табличным (табл. 4.3) и устанавливается класс предприятия. В случае, когда предприятием выбрасывается несколько ЗВ из нескольких источников, класс предприятия определяется по веществу, имеющему максимальное значение $П_i$.

Таблица 4.3

Классификация предприятий по степени воздействия
на загрязнение воздушного бассейна

Значение параметра П, м ³ /с			
>10 ⁸	10 ⁸ -10 ⁶	10 ⁶ -5·10 ⁴	<5·10 ⁴
Класс предприятия			
I	II	III	IV

Пример 4.2

Определить, к какому классу относится предприятие, имеющее источники загрязнения с параметрами по табл.4.3.

Решение

Находим класс предприятия через расчет параметра

$$П_i = \sum_j \text{ТПВ}_{ij} R_{ij};$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{SO}_2} &= \Pi_{1\text{SO}_2} + \Pi_{2\text{SO}_2} = 3,5 \cdot 10^4 \cdot 246,5 + 2,4 \cdot 10^4 \cdot 7,1 = \\ &= 8,63 \cdot 10^6 + 0,17 \cdot 10^6 = 8,8 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}; \end{aligned}$$

$$\dot{I}_{\text{NO}_2} = 2,98 \cdot 10^5 \cdot 87,8 = 2,6 \cdot 10^7 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$\Pi_{\text{ТВЧ}} = 1,2 \cdot 10^3 \cdot 666,7 = 8,0 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Класс предприятия определяется по большему значению Π_i – II класс. Загрязняющее вещество, определяющее класс предприятия, двуокись азота.

Оценка качества атмосферного воздуха основана на сравнении фактически измеренной концентрации с ПДК.

При одновременном присутствии нескольких ЗВ, обладающих эффектом суммации, их безразмерная концентрация X не должна превышать единицу:

$$X = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1. \quad (4.4)$$

Чем больше кратность превышения ПДК, тем хуже качество воздуха.

Чем выше безразмерный показатель X для веществ с аддитивным действием, тем хуже качество воздуха.

На практике в воздухе имеется, как правило, несколько загрязняющих веществ. Поэтому для оценки качества воздуха применяется комплексный показатель – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который равен сумме нормированных по ПДК и приведенных к концентрации диоксида серы средних содержаний ЗВ.

Для одного вещества:

$$I = \left(\frac{\bar{c}}{\text{ПДК}_{\text{cc}}} \right)^k, \quad (4.5)$$

где \bar{c} – средняя за год концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$; ПДК_{cc} – среднесуточная ПДК ЗВ, $\text{мг}/\text{м}^3$, в случае отсутствия ПДК_{cc} вместо нее принимается $\text{ПДК}_{\text{мр}}$ или ОБУВ; $k = 1,7$ – класс

опасности 1; $k = 1,3$ – класс опасности 2; $k = 1,0$ – класс опасности 3; $k = 0,9$ – класс опасности 4 (см. прил. 9).

Для нескольких веществ:

$$I = \sum_i^n I_i = \sum_i^n \left(\frac{c_i}{\text{ПДК}_{\text{cc}}} \right)^{k_i}. \quad (4.6)$$

На практике для сравнения качества атмосферного воздуха разных городов используются данные по первым пяти веществам в ряду по степени убывания показателя I_i .

Пример 4.3

В городе А концентрации контролируемых ЗВ: NO_2 – 0,1; SO_2 – 0,03; CO – 3; ТВЧ (твердые частицы) – 0,2; H_2S – 0,01; аммиак – 0,1; керосин – 1,0.

В городе В: NO_2 – 0,09; SO_2 – 0,05; CO – 1,0; ТВЧ (твердые частицы) – 0,05; стирол – 0,01; полиэтилен – 0,03; ксилол – 0,3.

Сравните качество атмосферного воздуха в городах.

Решение

1. Находим I_i для веществ в городе А:

$$\text{NO}_2: \left(\frac{0,1}{0,04} \right)^{1,3} = 3,3; \quad \text{SO}_2: \left(\frac{0,03}{0,05} \right)^1 = 0,6;$$

$$\text{CO}: \left(\frac{3}{3} \right)^{0,9} = 1; \quad \text{ТВЧ}: \left(\frac{0,2}{0,1} \right)^1 = 2; \quad \text{H}_2\text{S}: \left(\frac{0,01}{0,008} \right)^{1,3} = 1,3;$$

$$\text{NH}_3: \left(\frac{0,1}{0,04} \right)^{0,9} = 2,3; \quad \text{керосин:} \left(\frac{1,0}{1,2} \right)^{0,9} = 0,85.$$

Находим комплексный ИЗА для города А:

$$I = \sum_i^5 I_i = 3,3 + 2 + 2,3 + 1,3 + 1 = 9,9$$

В городе В:

$$\text{NO}_2: \left(\frac{0,09}{0,04} \right)^{1,3} = 2,87; \quad \text{SO}_2: \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^1 = 1;$$

$$\text{CO:} \left(\frac{1}{3} \right)^{0,9} = 0,37; \quad \text{ТВЧ:} \left(\frac{0,05}{0,1} \right)^1 = 0,33;$$

$$\text{стирол:} \left(\frac{0,01}{0,002} \right)^{1,3} = 8,1; \quad \text{полиэтилен:} \left(\frac{0,03}{0,01} \right)^{1,3} = 4,2;$$

$$\text{ксилол:} \left(\frac{0,3}{0,2} \right)^1 = 1,5;$$

$$I = \sum_i^5 I_i = 2,87 + 8,1 + 4,2 + 1,5 + 1 = 17,67.$$

Вывод: воздух в городе В загрязнен больше, чем в городе А в $17,67/9,9 = 1,8$ раза.

Классы экологического состояния атмосферы определяют по четырехбалльной шкале, где класс нормы соответствует уровню загрязнения ниже среднего по стране, класс риска равен среднему уровню, класс кризиса выше среднего уровня. Ранжирование экологического состояния атмосферы по классам осуществляется через расчет комплексного индекса загрязнения атмосферы:

Класс экологического загрязнения атмосферы	I
Норма	<5
Риск	5-8
Кризис	8-15
Бедствие	>15

Пример 4.4

К какому классу относится экологическое состояние атмосферы в городе, если среднегодовые концентрации ЗВ $SO_2 = 0,04$; $NO_2 = 0,05$; $CO = 1,0$; ТВЧ = 0,15; фурфол = 0,07.

Решение

Находим комплексный индекс загрязнения атмосферы для каждого из веществ:

$$I_{SO_2} = \left(\frac{0,04}{0,05} \right)^1 = 0,8; \quad I_{NO_2} = \left(\frac{0,05}{0,04} \right)^{1,3} = 1,34;$$

$$I_{CO} = \left(\frac{1,0}{3,0} \right)^{0,9} = 0,37; \quad I_{ТВЧ} = \left(\frac{0,15}{0,15} \right)^1 = 1;$$

$$I_{фур} = \left(\frac{0,07}{0,05} \right)^1 = 1,4.$$

Находим суммарный индекс загрязнения атмосферы по пяти веществам и определяем класс экологического состояния атмосферы:

$$I_j = 0,8 + 1,34 + 0,37 + 1 + 1,4 = 4,91 < 5 - \text{норма.}$$

Практическая работа №5

Определение уровня загрязнения почвы населенного пункта и оценка степени опасности для здоровья населения

Цель работы: определение категории загрязнения почв по наличию в них повышенных концентраций ЗВ и, на основе этого, оценка влияния суммарного загрязнения на здоровье населения.

Задание

5.1. Определить категорию загрязнения почвы населенного пункта.

5.2. Определить уровень загрязнения почвы населенного пункта и оценить влияние суммарного загрязнения на здоровье населения.

5.3. Сделать краткие выводы.

Порядок выполнения работы

При оценке опасности загрязнения почв ЗВ необходимо учитывать следующие закономерности (табл.5.1, 5.2):

- опасность загрязнения тем выше, чем больше фактическое содержание ЗВ в почве C , т.е., чем больше значение коэффициента K_0 превышает единицу; коэффициент опасности определяется следующим образом:

$$K_0 = C / \text{ПДК}; \quad (5.1)$$

- опасность загрязнения тем выше, чем выше класс опасности ЗВ. Отнесение наиболее опасных ЗВ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов к тому или иному классу

опасности, проводится в соответствие с данными табл. 5.1;

- опасность загрязнения тем выше, чем ниже буферные свойства почв.

Таблица 5.1

Отнесение химических веществ, попадающих в почву,
к классам опасности (по ГОСТ 17.4.1.02-83)

Класс опасности	Химическое вещество
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенол

Под буферностью почвы понимается совокупность свойств почвы, определяющих ее барьерную функцию, которая в свою очередь обуславливает уровни вторичного загрязнения химическими веществами сред, контактирующих с почвой: растительности, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод.

Основными компонентами почвы, создающими буферность, являются тонкодисперсные частицы, определяющие ее механический состав, органическое вещество (гумус), а также реакция среды pH.

Принципиальная схема оценки почв сельскохозяйственного
использования,
загрязненных химическими веществами

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности	Возможное использование территории	Предлагаемые мероприятия
I. Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений)
II. Умеренно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном,	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории I. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным и миграционным воздушным показателями

Продолжение таблицы 5.2

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности	Возможное использование территории	Предлагаемые мероприятия
III. Высоко опасная	<p>миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю</p>	<p>Использование под технические культуры. Использован ие под сельскохозяйственные культуры ограничено с учетом растений – концентратов</p>	<p>проводится контроль за содержанием этих веществ в рабочих зонах и в воде местных водоисточников</p>
	<p>Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности</p>		<p>Кроме мероприятий указанных для категории I, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях – продуктах питания и кормах. При необходимости выращивания растений – продуктов питания – рекомендуется их перемешивание с продуктами, выращенными на чистой почве</p>

Окончание таблицы 5.2

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности	Возможное использование территории	Предлагаемые мероприятия
IV. Чрезвычайно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК в почве по всем показателям вредности	Использование под технические культуры или исключение из сельскохозяйственного использования. Лесозащитные полосы	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных источников

Пример 5.1

На определенном участке территории установлено присутствие в почве меди с солесодержанием подвижных форм, равном 3,2 мг/кг, и свинца с концентрацией 25 мг/кг. Определить категорию загрязненности почвы и возможность ее использования для выращивания сельскохозяйственной продукции; установить характер возможного использования данной территории и мероприятия по снижению токсического воздействия почвенных загрязнений.

Решение

На основании данных приложения 10 находим: ПДК меди с учетом фона – 3,0 мг/кг; ПДК свинца с учетом фона – 30,0 мг/кг.

Допустимые уровни содержания:

- по транслокационному показателю вредности – меди – 3,5 мг/кг;
- по миграционному водному показателю вредности – меди – 72,0 мг/кг; свинца – 60,0 мг/кг;
- по общесанитарному показателю вредности – меди – 3,0 мг/кг; свинца – 30,0 мг/кг.

Уровень содержания меди в почве превышает ее ПДК (3,0 мг/кг) и допустимый уровень при лимитирующем общесанитарном показателе вредности (3,0 мг/кг), но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю вредности (3,5 мг/кг), а следовательно, в соответствии с табл. 5.2 категория загрязненности почв медью – умеренно опасная.

Уровень содержания свинца в почве не превышает ПДК и допустимые уровни по всем лимитирующим показателям вредности, следовательно, в соответствии с табл.5.2 категория загрязненности почв свинцом – допустимая.

Исходя из комплексной оценки загрязненности почвы, устанавливаем, что категория ее загрязненности – умеренно опасная.

Данная территория может использоваться под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений и проведения мероприятий по снижению доступности для них имеющихся токсикантов, т.е. меди и свинца. Варианты задач для примера 5.1 даны в прил. 11.

Пример 5.2

Оценка уровня загрязнения почв населенных пунктов проводится по двум показателям: коэффициенту концентрации отдельного вещества K_c и суммарному показателю загрязнения Z_c при наличии в почве нескольких загрязняющих компонентов.

Коэффициент концентрации ЗВ определяется отношением

$$K_c = C/C_{\phi}, \quad (5.2)$$

где C – реальная концентрация данного химического вещества в почве, мг/кг; C_{ϕ} – фоновая концентрация в почве данного вещества, мг/кг.

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций загрязняющих почву химических элементов:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1), \quad (5.3)$$

где n – число учитываемых ЗВ.

Оценка опасности загрязнения почв по найденному суммарному показателю Z_c проводится с помощью данных табл. 5.3.

Таблица 5.3

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения
почв по суммарному показателю

Категория загрязнения почв	Показатель Z_c	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
I. Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений
II. Умеренно опасная	16-32	Увеличение общего уровня заболеваемости
III. Высоко опасная	32-128	Увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы
IV. Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных)

Необходимо определить категорию загрязнения почвы населенного пункта химическими веществами по суммарному

показателю загрязнения; дать характеристику показателей здоровья населения, проживающего на данной территории.

Исходные данные приведены в табл. 5.4.

Таблица 5.4

Исходные данные		
Загрязняющие вещества	Реальная концентрация в почве C , мг/кг	Фоновая концентрация в почве $C_{\text{ф}}$, мг/кг
Фтор	470	208
Бериллий	4,9	1,5
Цинк	255	41,3

Решение

По формуле (5.2) находим коэффициенты концентрации загрязняющих веществ:

$$K_{\text{CF}} = 470/208 = 2,3; K_{\text{CBe}} = 4,9/1,5 = 3,3; K_{\text{CZn}} = 255/41,3 = 6,2.$$

По формуле (5.3) суммарный показатель загрязнения:

$$Z_c = (2,3 + 3,3 + 6,2) - (3 - 1) = 9,8.$$

В соответствии с данными табл. 5.3 рассматриваемые почвы относятся к категории допустимого загрязнения и характеризуются наиболее низким уровнем заболеваемости детей и минимумом функциональных отклонений.

Варианты задач для примера 5.2 приведены в прил. 12.

Практическая работа №6

Оценка экологического состояния территории в зоне действия горного предприятия

Цель работы: произвести оценку глубины и площади техногенных нарушений, определить возможность агровосстановления земель и ущерб от потери их продуктивности.

Задание

6.1. Определить показатели техногенного нарушения земель на территории горно-промышленного района (ГПР).

6.2. Оценить влияние твердых отходов на состояние земной поверхности в указанном районе.

6.3. Рассчитать показатели восстановления земель.

6.4. Дать эколого-экономическую оценку ущерба от нарушенных земель.

Варианты заданий приведены в прил. 13.

Порядок выполнения работы

6.1 При ведении горных работ надо стремиться к максимальной величине нарушенности территории и отчуждения земель рельефа местности в зоне ГПР, для чего минимизируются следующие показатели:

- площадь техногенно нарушенных земель, определяемая суммой всех площадей участков (зон) техногенно нарушенных земель в ГПР:

$$S_{\text{ТНЗ}} = \sum_{i=1}^N S_{\text{ТНЗ}_i} ; \quad (6.1)$$

- показатель плотности поражения территории техногенно-линейными формами нарушений, определяемый отношением площадей всех участков, нарушенных такими формами, к площади ГПР:

$$П_{\text{ПЛФ}} = \sum_{i=1}^N S_{\text{лф}_i} / S_{\text{ГПР}} \cdot 100; \quad (6.2)$$

- показатель техногенного нарушения земель в санитарно-защитной зоне (СЗЗ), определяемый отношением суммы техногенно нарушенных земель к площади СЗЗ:

$$П_{\text{ТНЗ}}^{\text{СЗЗ}} = \sum_{i=1}^N S_{\text{ТНЗ}_i} / S_{\text{СЗЗ}} \cdot 100; \quad (6.3)$$

- показатель техногенного нарушения земель в ГПР:

$$П_{\text{ТНЗ}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_{\text{ТНЗ}_i}}{S_{\text{ГПР}}} \cdot 100; \quad (6.4)$$

- показатель расхода земель на 1 т годовой добычи угля:

$$П_{\text{рз}} = \frac{S_{\text{ТНЗ}}}{V_{\text{д}}}; \quad (6.5)$$

- показатель абсолютной потери земель, определяемый отношением разности площади, подвергшейся влиянию горных работ и площади рекультивированных земель, к площади ГПР:

$$П_{\text{пз}} = \frac{S_{\text{г}} - S_{\text{рз}}}{S_{\text{ГПР}}} \cdot 100. \quad (6.6)$$

6.2. На экологическое состояние земной поверхности ГПР оказывают влияние твердые отходы, которые оцениваются по следующей совокупности показателей:

- удельная плотность твердых отходов, получаемых в пределах СЗЗ, определяется отношением годового суммарного

объема i -х видов отходов к площади СЗЗ,

$$q = \frac{\sum_{i=1}^N V_{\text{то}_i}}{S_{\text{СЗЗ}}}; \quad (6.7)$$

• показатель невыхода твердых отходов на поверхность как отношение объема утилизированных отходов за год к объему вскрышных пород:

$$\Pi_{\text{НТО}} = \frac{V_y}{V_{\text{вп}}} \cdot 100; \quad (6.8)$$

• показатель концентрации твердых отходов с СЗЗ определяется как отношение суммарных площадей складирования отходов к площади СЗЗ:

$$\Pi_{\text{КТО}}^{\text{СЗЗ}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_{\text{то}_i}}{S_{\text{СЗЗ}}} \cdot 100; \quad (6.9)$$

• показатель производства твердых отходов одним работником разреза определяется как отношение суммы годового объема отходов к численности работающих:

$$\Pi_{\text{ПТО}} = \sum_{i=1}^m V_{\text{то}_i} / N_{\text{раб}}; \quad (6.10)$$

• показатель загрязнения территории твердыми отходами – отношение площади складирования отходов на поверхности в течение года к числу жителей:

$$\Pi_{\text{ЗТО}} = \sum_{i=1}^m V_{\text{то}_i} / N_{\text{жит}}. \quad (6.11)$$

6.3. Восстановление территории предлагается оценивать по совокупности следующих показателей:

• показатель восстановления земель – как отношение площади рекультивированных участков нарушенных земель к

площади СЗЗ:

$$\Pi_{\text{вз}} = \frac{\sum_{i=1}^N S_{\text{pz}}}{S_{\text{СЗЗ}}} \cdot 100; \quad (6.12)$$

• показатель агровосстановления рекультивированных земель как отношение суммарной площади агроиспользования рекультивированных земель к площади всех рекультивированных земель:

$$\Pi_{\text{а}} = \frac{\sum_{i=1}^M S_{\text{а}}}{S_{\text{pz}}} \cdot 100; \quad (6.13)$$

• валовый агропотенциал рекультивированных земель:

$$\text{ВП}_{\text{pz}} = \sum_{i=1}^N \text{ЦУ}_{\text{pi}} S_{\text{pz}_i}; \quad (6.14)$$

• валовый потенциал ненарушенных сельскохозяйственных земель:

$$\text{ВП}_{\text{pz}} = \sum_{i=1}^M \text{ЦУ}_{\text{pj}} S_{\text{СЗЗ}}; \quad (6.15)$$

где Ц – оптовая цена агрокультур, руб.; Y_{pi} и Y_{pj} – урожайность, ц/га; S_{pz_i} и $S_{\text{СЗЗ}}$ – площади соответственно рекультивированных и ненарушенных сельскохозяйственных земель, га.

Показатель продуктивности 1 га рекультивированных земель, как отношение валового продукта или урожайности этих земель, к площади этих земель:

$$\Pi_{\text{п}} = \frac{\text{ВП}_{\text{pz}}}{S_{\text{pz}}} = \frac{Y_{\text{pz}}}{S_{\text{pz}}}. \quad (6.16)$$

Показатель агрожественности рекультивированных земель как отношение валового продукта, получаемого с

рекультивированных земель, к валовому продукту, получаемому с ненарушенных земель:

$$\Pi_{\text{ат}} = \frac{\text{ВП}_{\text{рз}}}{\text{ВП}_{\text{сз}}} \cdot 100. \quad (6.17)$$

6.4. Экономическим критерием нарушения поверхности территории ГПР является эколого-экономическая оценка ущерба. В общем случае данная оценка приближенно может иметь вид

$$Y = \Pi_{\text{сн}} S_{\text{ТНЗ}}, \quad (6.18)$$

где $\Pi_{\text{сн}}$ – нормативная стоимость земель по кадастру земель данного района, руб.

Ущерб от потери продуктивности земель в результате снижения урожайности на рекультивируемых землях

$$Y_{\text{п}} = \sum_{i=1}^N (y_{\text{p}_i}^{\text{фт}} - y_{\text{p}_i}^{\text{рек}}) \Pi_i S_i; \quad (6.19)$$

$$Y_{\Sigma} = Y_{\text{н}} + Y_{\text{п}}. \quad (6.20)$$

Удельный ущерб – отношение суммы ущерба от потери продуктивности земель к площади техногенно нарушенных земель:

$$q_y = \frac{Y_{\Sigma}}{S_{\text{ТНЗ}}}. \quad (6.21)$$

Пример 6

Рассмотрим крупный Бородинский угольный разрез в Красноярском крае (таблица).

Исходные данные для примера 6

Условные обозначения	Характеристика показателей	Единицы	Показатели
V_d	Объем добычи угля на угольном разрезе	млн т/год	30
V_r	Объем суммарной горной массы, извлекаемой при добыче угля	млн т/год	68
V_c	Объем складирования пород во внутренние отвалы	млн т/год	15
N_p	Количество работающих на разрезе	чел.	16
$N_{ж}$	Количество жителей в рабочем поселке	чел.	42
S_{pz}	Площади рекультивированных земель, используемых в агропроизводстве:	га	400
	подкормовые культуры		200
	зерновые культуры		120
	луговые культуры		80
U_{pz}	Урожайность на рекультивированных землях:	ц/га	
	кормовые культуры		15
	зерновые культуры		20
	луговые культуры		6

Продолжение таблицы

$У_{фз}$	Урожайность на фоновых территориях:	ц/га	
	кормовые культуры		20
	зерновые культуры		30
	луговые культуры		10
$Ц$	Оптовая цена:	руб./га	
	кормовые культуры		150
	зерновые культуры		300
	луговые культуры		100
$Ц_n$	Нормативная оценка земли	руб./га	15000
$S_{ГПР}$	Площадь горно-промышленного района	га	6144
$S_{СЗЗ}$	Территория непосредственного влияния разреза (СЗЗ)	га	4306
S_3	Площадь застройки	га	895
S_p	Рекреационная территория	га	264
$S_{жр}$	Площадь, занятая железнодорожными станциями, коммуникациями разреза	га	100
S_T	Территория, нарушенная транспортными путями	га	233
$S_{пл}$	Территория площадных нарушений	га	202
$S_0/S_{рз}$	Площади, нарушенные отвалами, в том числе рекультивированные	га	796(329)

S_B/S_{P3}	Площади, занятые внутренними отвалами, в том числе рекультивированные	га	688(213)
S_B	Площади внутренних бестранспортных отвалов	га	164
$S_{выр}$	Площади выработанного пространства	га	238

Решение

6.1. Площадь техногенно нарушенных земель по формуле (6.1)

$$S_{ТНЗ} = 4306 - (329 + 213 + 264 + 895) = 2605 \text{ га.}$$

Показатель плотности поражения территории ГПР техногенно линейными формами по формуле (6.2)

$$П_{ПлФ} = \frac{(238 + 100 + 233)}{6144} \cdot 100 = \frac{57100}{6144} = 9,3 \text{ \%}.$$

Показатель техногенного нарушения земель в СЗЗ по формуле (6.3)

$$П_{ТНЗ}^{СЗЗ} = \frac{2605}{4306} \cdot 100 = 60 \text{ \%}.$$

Показатель техногенного нарушения земель в ГПР по формуле (6.4)

$$П_{ТНЗ} = \frac{2605}{6144} \cdot 100 = 42,4 \text{ \%}.$$

Показатель расхода земель на 1 т выпускаемой продукции по формуле (6.5)

$$П_{P3} = \frac{2605}{30000000} = 0,087 \text{ га/1000 т угля.}$$

Показатель абсолютной потери земель в горно-промышленном районе (ГПР) по формуле (6.6)

$$П_{пз} = \frac{2605 - 542}{6144} \cdot 100 = 33,5 \%$$

6.2. Удельная плотность твердых отходов по формуле (6.7)

$$q = \frac{68 \cdot 10^6 - 30 \cdot 10^6}{4306} = 8824 \text{ т/га.}$$

Показатели невыхода твердых отходов на поверхность по формуле (6.8)

$$П_{нто} = \frac{15}{38} \cdot 100 = 39 \%$$

Показатель концентрации твердых отходов в ГПР по формуле (6.9)

$$П_{кто} = \frac{688 + 796 + 164}{4306} \cdot 100 = \frac{1648}{4306} \cdot 100 = 39 \%$$

Удельный показатель производства твердых отходов одним работником предприятия по формуле (6.10)

$$П_{пто} = \frac{38000000}{16000} = 2380 \text{ т/чел./год.}$$

Удельный показатель засорения территории твердыми отходами по формуле (6.11)

$$П_{зто} = \frac{38000000}{42000} = 905 \text{ т/чел./год.}$$

6.3. Показатель восстановления нарушенных земель по формуле (6.12)

$$П_{вз} = \frac{542}{4306} \cdot 100 = 12,6 \%$$

Показатель агровосстановления рекультивированных земель по формуле (6.13)

$$П_a = \frac{400}{543} \cdot 100 = 73,8 \%$$

Валовый потенциал i -й культуры на рекультивированных землях по формуле (6.14)

$$ВП_{з_i} = 20 \cdot 300 \cdot 120 = 720000 \text{ руб.};$$

$$ВП_{к_i} = 15 \cdot 150 \cdot 200 = 450000 \text{ руб.};$$

$$ВП_{л} = 6 \cdot 100 \cdot 80 = 48000 \text{ руб.};$$

$$ВП_{рз_i} = 1218000 \text{ руб.}$$

Валовый потенциал i -й культуры на фоновых землях по формуле (6.15)

$$ВП_{з_i} = 30 \cdot 300 \cdot 120 = 1080000 \text{ руб.};$$

$$ВП_{к} = 20 \cdot 150 \cdot 200 = 600000 \text{ руб.};$$

$$ВП_{л} = 10 \cdot 100 \cdot 80 = 80000 \text{ руб.};$$

$$ВП_{сз} = 1760000 \text{ руб.}$$

Показатель продуктивности 1 га рекультивированных земель по формуле (6.16)

$$П_n = \frac{1218000}{400} = 3045 \text{ руб./га.}$$

Показатель агротехниченности рекультивированных земель по формуле (6.17)

$$П_{ат} = \frac{1218000}{1760000} \cdot 100 = 69,2 \%$$

6.4. Ущерб, определяемый исходя из нормативной оценки земли по формуле (6.18)

$$У_n = 2605 \cdot 15000 = 39075000 \text{ руб.}$$

Ущерб от потери продуктивности земель по формулам (6.19), (6.20)

$$У_з = (30 - 20) \cdot 300 \cdot 120 = 360000 \text{ руб.};$$

$$У_к = (20 - 15) \cdot 150 \cdot 200 = 150000 \text{ руб.};$$

$$Y_{\text{н}} = (10 - 6) \cdot 100 \cdot 80 = 32000 \text{ руб.};$$

$$Y_{\text{п}} = 542000 \text{ руб.};$$

$$Y_{\Sigma} = 39075000 + 542000 = 39617000 \text{ руб.} \cong 39,6 \text{ млн руб.}$$

Удельный ущерб по формуле (6.21)

$$q_y = \frac{39617000}{2605} = 15208, \text{руб./га.}$$

Практическая работа № 7

Определение класса опасности промышленных отходов

Цель работы: определение класса опасности промышленных отходов на основе расчета индекса опасности отходов производства.

Задание

7.1. Отход отработанного активированного угля содержит одно из органических веществ: хлороформ; четыреххлористый углерод; бензол; перхлорэтилен; толуол. Уголь подвергли обезвреживанию, при этом содержание органического загрязняющего вещества снизилось до 0,1 %. Опасность отхода определяется наличием в нем органического вещества.

Справочные данные для загрязняющих веществ приведены в табл. 7.1.

Рассчитать класс опасности отхода отработанного угля до и после обезвреживания. ПДК приведены в приложении 10.

7.2. Шлам от мойки машин и механизмов содержит низкокипящие нефтепродукты, индустриальные масла. Класс опасности в воздухе рабочей зоны по нефти 3-й; ЛД50 (летальная доза по индустриальным маслам) равна 12000 мг/кг. Определить класс опасности шлама, загрязненного

нефтепродуктами, индустриальными маслами.

7.3. Определить класс опасности отхода производства фторсолей, если в его состав входят сера, натрия сульфат и натрия фторид. Значение ПДК в почве для серы 160 мг/кг, для сульфат-иона – ПДК в почве серной кислоты 160 мг/кг, для фторида натрия – ПДК в почве для растворимой формы фтора 10 мг/кг. Растворимость в воде сульфата натрия в пересчете на сульфат-ион – 35,8 г в 100 г воды, фторида натрия в пересчете на фторид-ион – 1,95 г в 100 г воды, сера в воде практически не растворима.

Варианты заданий приведены в прил. 14.

Порядок выполнения работы

7.1. Определение класса опасности промышленных отходов на основе ПДК химических веществ в почве.

Расчет индекса опасности ведут по формуле

$$K_i = \frac{\text{ПДК}_i}{(S + C_{\text{в}})_i}, \quad (7.1)$$

где ПДК_i – предельно допустимая концентрация токсичного химического вещества, содержащегося в отходе, в почве, мг/кг; S – коэффициент, отражающий растворимость в воде, безразмерный и равный растворимости данного химического вещества в граммах на 100 г воды при 25 °С, деленной на 100, величина S находится в интервале от 0 до 1, при растворимости больше 100 г в 100 г воды S принимается равным 1; $C_{\text{в}}$ – содержание данного компонента в общей массе отхода, массовая доля; i – порядковый номер данного компонента.

Таблица 7.1

Физико-токсикологические параметры токсичных
компонентов отходов

Загрязняющее вещество	ЛД ₅₀ , мг/кг	Растворимость, г в 100 г воды	Летучесть	Класс опасности в воздухе рабочей зоны	ПДК в почве, мг/кг
Хлороформ	100	0,82	0,21	2	-
Углерод четырехвалентный	5760	0,08	0,16	2	-
Бензол, нефтепродукты и масла	4600	0,08	0,1	2	0,3
Перхлорэтилен	>5000	0,015	0,013	3	0,2
Толуол	-	0,063	0,04	3	0,3
Меди нитрат	940	134*	0	2	3,0
Кобальта сульфат	-	13,8*	0	-	6,0
Никеля нитрат	1620	77*	0	1	4,0
Мышьяка оксид (III)	13,8	2,8*	0	1	2,0
Нитраты	-	∞	0	-	130
Сульфаты	-	∞	0	-	160

Цифры, помеченные звездочкой, указывают растворимость в пересчете на токсичный компонент-металл.

Величину K_i округляют до первого знака после запятой.

В случае, когда опасность отхода определяется по катиону или аниону токсичного компонента отхода, используется растворимость компонента отхода в пересчете на катион (анион).

7.2. Определить класс опасности при отсутствии ПДК химических веществ в почве.

Расчет индекса опасности ведут для каждого компонента отхода, используя величину ЛД₅₀ для данного компонента (ЛД₅₀ – средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг), при наличии в справочнике нескольких значений ЛД₅₀ для расчета принимают минимальное значение

$$K_i = \frac{Lg(LD_{50})_i}{(S + 0,1F + C_b)_i}, \quad (7.2)$$

где F – безразмерный коэффициент летучести данного компонента, равный отношению давления насыщенного пара индивидуального компонента при температуре 25 °С к 760 мм рт.ст, значение F находится в интервале от 0 до 1; летучесть определяют только для веществ, имеющих температуру кипения при 760 мм рт.ст не выше 80 °С.

7.3. Определить класс опасности при отсутствии ПДК химических веществ в почве и ЛД₅₀.

При отсутствии ПДК в почве и ЛД₅₀ для некоторых компонентов отходов, но при наличии величин классов опасности в воздухе рабочей зоны в уравнение (7.2) подставляют условные величины ЛД₅₀, ориентировочно определяемые по показателям класса опасности в воздухе рабочей зоны с помощью следующих данных:

Класс опасности	1	2	3	4
ЛД ₅₀ , мг/кг	15	150	5000	Более 5000

7.4. Определить суммарный индекс опасности.

Рассчитав K_i для отдельных компонентов отхода, выбирают несколько (не более трех) ведущих компонентов отхода, имеющих наименьшее значение K_i , причем $K_1 < K_2 < K_3$.

Затем ведут расчет индекса опасности отхода по трем

ведущим компонентам при условии $2K_1 \geq K_3$; по двум ведущим компонентам при условии $2K_1 \geq K_2$, но $2K_1 \leq K_3$,

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_1^n K_i, \quad (7.3)$$

где n – количество ведущих компонентов отхода, $n \leq 3$.

После расчета K_{Σ} определяют класс опасности отхода по табл. 7.2 при расчете на основе ПДК в почве или табл. 7.3 при расчете на основе ЛД₅₀.

Таблица 7.2

Классификация опасности химических веществ на основе их ПДК в почве

Расчетная величина K_{Σ}	Класс опасности	Степень опасности
Менее 2	1	Чрезвычайно опасные
От 2 до 16	2	Высоко опасные
От 16,1 до 30	3	Умеренно опасные
Выше 30	4	Малоопасные

Таблица 7.3

Классификация опасности химических веществ по ЛД₅₀

Расчетная величина K_{Σ}	Класс опасности	Степень опасности
Менее 1,3	1	Чрезвычайно опасные
От 1,3 до 3,3	2	Высоко опасные
От 3,4 до 10	3	Умеренно опасные
Более 10	4	Малоопасные

Пример 7

Рассчитать класс опасности отхода на основе ПДК в почве на основе ЛД₅₀ и исходя из класса опасности веществ в воздухе рабочей зоны.

Справочные данные о ведущих компонентах отходов и их содержании в отходах приведены в табл. 7.4.

Содержание ведущих компонентов в отходах и справочные
данные для расчета класса опасности отходов

Зада- ние	Ведущий компонент отхода	Содержа- ние компо- нента в отходе, %	ПДК в почве, мг/кг	Раство- римость в 100 г воды, г	Тем- пера- тура кипе- ния, °С	Леталь- ная доза ЛД ₅₀ , мг/кг	Класс опас- ности в возду- хе рабо- чей зоны
7.1	Хлорофос	5	0,5	12,3	>80	57	2
	Метафос	5	0,1	0,006	>80	13	1
	Карбофос	5	2,0	0	>80	190	2
7.2	Бария хлорид	5	-	36,2	2050	100	2
	Натрия тетрабонат Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	35	-	2,12	320	2000	2
7.3	Нитробензол	25	-	0,19	210	150	2
	Трихлорбен- зол	40	-	0	213	150	2

7.1. Рассчитываем индексы опасности ведущих компонентов отходов по формуле (7.1):

$$K_1 = K_{\text{метафос}} = \frac{0,1}{6 \cdot 10^{-5} + 0,05} = 2;$$

$$K_2 = K_{\text{хлорофос}} = \frac{0,5}{0,123 + 0,05} = 2,9;$$

$$K_3 = K_{\text{карбофос}} = \frac{2}{0 + 0,05} = 40;$$

$$K_{\text{метафос}} < K_{\text{хлорофос}} < K_{\text{карбофос}}.$$

Показатель летучести F принят равным нулю, так как температура кипения выше 80°C .

Находим суммарный индекс опасности по двум ведущим компонентам, так как $2K_1 > K_2$, а $2K_1 < K_3$.

$$K_{\Sigma} = \frac{2 + 2,9}{2^2} = 1,2.$$

Вывод: согласно табл.7.2 отход, содержащий по 5 % хлорофоса, метафоса и карбофоса, относится к 1-му классу опасности.

7.2. Рассчитываем индексы опасности ведущих компонентов отходов по формуле (7.2):

$$K_{i\text{BaCl}_2} = \frac{\lg 100}{0,362 + 0 + 0,05} = 4,9;$$

$$K_{i\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} = \frac{\lg 2000}{0,0212 + 0 + 0,35} = 8,9.$$

Показатель летучести F принят равным нулю, так как температура кипения выше 80°C .

Находим суммарный индекс опасности по двум ведущим компонентам, так как $2K_1 > K_2$,

$$K_{\Sigma} = \frac{4,9 + 8,9}{2^2} = 3,5.$$

Вывод: согласно табл.7.3 отход, содержащий по 5 % хлорида бария и 35 % тетрабората натрия, относится к 3-му классу опасности.

7.3. Рассчитываем индексы опасности ведущих компонентов отходов по формуле (7.2):

$$K_{\text{нитробензола}} = \frac{\lg 150}{0,002 + 0 + 0,25} = 8,6;$$

$$K_{\text{трихлорбензола}} = \frac{\lg 150}{0 + 0 + 0,4} = 5,4.$$

Показатель летучести F принят равным нулю, так как температура кипения выше $80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Находим суммарный индекс опасности по двум ведущим компонентам, так как $2K_1 > K_2$,

$$K_{\Sigma} = \frac{5,4 + 8,6}{2^2} = 3,5.$$

Вывод: согласно табл. 7.3 отход, содержащий 25 % нитробензола и 40 % трихлорбензола, относится к 3-му классу опасности.

II. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Задачи первого цикла

При решении задач принять следующие допущения:

- содержание кислорода во вдыхаемом воздухе - 21 об.%;
- содержание в выдыхаемом воздухе: O_2 - 0,16 об%, CO_2 - 4 об%;
- объем воздуха при вдохе - 0,5 л;
- количество вдохов - 20 за минуту;
- радиус Земли - 6400 км;
- 1/3 поверхности Земли занята сушей, 2/3 - Мировым океаном;
- население Земли - 6 млрд человек;
- средний вес человека — 70 кг;
- объем потребляемой за сутки воды - 2-3 л.

1. Запасы воды в ледниках и материковом льде - 35-106 км³, что составляет 68,7% от общих запасов пресной воды на Земле. На сколько метров повысится уровень Мирового океана, если произойдет таяние льда? Какие причины могут способствовать этому и к чему это может привести?

2. Оценить степень опасности отравления кадмием (Cd), если при выкуривании одной сигареты в организм курильщика с дымом поступает 10 мкг Cd. Заядлый курильщик выкуривает за день 35 сигарет. Предельно-допустимая среднесуточная концентрация Cd в воздухе 10 мкг/м³. Известно, что вдыхание паров и пыли, содержащей 3 мг/м³ Cd, в течение шести часов приводит к острому отравлению. Через какое время отравление может произойти у заядлого

курильщика, если пренебречь процессами выведения Cd из организма? Дать токсикологическую характеристику кадмия.

3. За последние 200 млн лет на планете исчезло 9-105 видов живых организмов. В настоящее время скорость исчезновения видов за год выросла на 5 порядков. Сейчас на Земле насчитывается 1,7 млн видов живых организмов. За какое время оно сократится на 10% при сохранении современной тенденции к исчезновению видов? С чем связано резкое повышение скорости исчезновения живых организмов и в чем опасность уменьшения видового разнообразия живой материи?

4. В завезенной на склад партии картофеля содержание нитратов составляет 200 мг/кг. При варке картофеля разрушается 50% нитратов. Опасно ли ежедневное потребление в пищу 0,5 кг картофеля из этой партии, если допустимая недельная доза для человека 150 мг нитратов, а отравление наступает при разовом поступлении 300 мг. Дать токсикологическую характеристику нитратов.

5. В настоящее время в мире на человека в среднем приходится 0,12 га пашни. Из-за нерационального использования пахотных земель ежеминутно выводится из оборота 10 га пашни в результате процессов опустынивания. За какой срок при существующей скорости деградации пахотных земель пахотный фонд планеты уменьшится в 2 раза по сравнению с существующим? Укажите какие причины приводят к деградации пахотных земель?

6. Селен (Se) - микроэлемент, его недостаток - менее 10 мкг/кг веса человека — вызывает заболевание сердечно-

сосудистой системы и способствует онкологическим заболеваниям, избыток - более 100 мг/кг - вызывает гиперселеновый синдром (болезнь суставов). Королем селеносодержащих растений является чеснок, в 1 кг которого содержится 140 мг Se. Сколько требуется человеку съесть чеснока, чтобы восполнить ежедневный селеновый дефицит — 100 мкг/кг веса человека? Какое количество чеснока должен съесть человек, чтобы у него ощущался недостаток (избыток) селена? Дать токсикологическую характеристику селена.

7. Самолет при перелете из Москвы до Владивостока потребляет 30-40 тонн кислорода. Для какого количества людей хватило бы этого кислорода, чтобы обеспечить годовую биологическую потребность? Где еще расходуется кислород? За счет чего идет его восполнение?

8. Концентрация озона при фотохимическом смоге в приземном слое атмосферы достигает 8-10 мг/м³. Оценить степень опасности пребывания человека в зоне фотохимического смога, если безопасная суточная доза озона оставляет 0,1-0,3 мкг/кг веса человека, а поступление в течение часа 200 мг озона вызывает кашель, головную боль, учащение пульса, боли во всем теле. Дать токсикологическую характеристику озона.

9. Одно взрослое дерево за сутки производит 80-100 куб. м кислорода. Сколько деревьев обеспечат потребность населения Земли в кислороде за год, и какую площадь займут эти деревья, если одно дерево занимает площадь 1-5 м²? Какую долю займет эта площадь от земельного фонда планеты? За счет чего компенсируется расход кислорода в

зимнее время года?

10. В 1971 г. вблизи г. Пейне в Германии в выработанной шахте было захоронено 2800 тонн известковой суспензии, содержащей 10% мышьяка (As). В настоящее время 5,6% As из суспензии перешло в грунтовые воды, объем которых в районе расположения свалки составляет 3 млн м³. Оценить степень опасности использования для питья воды из колодцев, если безопасная недельная доза для человека - 0,5 мг As. При разовом поступлении 1,5-2 мг As на кг веса человека наступает смерть. Дать токсикологическую характеристику мышьяка.

Пример решения задач первого цикла

Задача 1

Какой вклад вносит все человечество Земли в ежегодное поступление диоксида углерода (CO₂) в атмосферу, составляющее 7 млрд тонн/год?

Решение

1. Сколько CO₂ выдыхает один человек в течение года:

$$G^{CO_2} = V_l \cdot \text{Чв} \cdot \tau \cdot C_{CO_2} \cdot 10^{-6} \text{ т/год} \cdot \text{чел} ,$$

где V_l - объем вдыхаемого воздуха, л/вдох; $V_l = 0,5$ л ;

Чв - частота дыхания; $\text{Чв} = 20$ вдох/мин;

τ - количество минут в году, мин/год; $\tau = 60 \cdot 24 \cdot 365 = 525600$;

C_{CO_2} - концентрация CO₂ в выдыхаемом воздухе, г/м³;

$C_{CO_2} = (0,04 \cdot 44)/22,4 = 0,0786$ г/л ;

$$G^{CO_2} = 0,5 \cdot 20 \cdot 525600 \cdot 0,0786 \cdot 10^{-6} = 0,412 \text{ т/год} \cdot \text{чел}.$$

2. Сколько углекислого газа выдыхает все население планеты за год:

$$G_{CO_2} = G^1_{CO_2} \cdot N \text{ т/год},$$

где N - население Земли; $N = 6 \cdot 10^9$ человек;

$$G_{CO_2} = 0,412 \cdot 6 \cdot 10^9 = 2,472 \cdot 10^9 \text{ т/год}.$$

3. Вклад человечества в ежегодное поступление CO_2 в атмосферу Земли:

$$\text{Вклад} = (2,472 \cdot 10^9 \cdot 100) / 7 \cdot 10^9 = 35,3\%$$

Задача 2

На сколько лет хватит запасов лесов на планете Земля, если в среднем ежесекундно вырубается 1 га леса. Возобновление лесов составляет 10% от площади сведенных лесов. Известно, что леса занимают 20% территории суши.

Решение:

1. Найдем площадь суши, занятую лесами:

$$S_{сл} = S_3 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot 100 \text{ га},$$

где S_3 — площадь поверхности Земли (площадь шара),

$S_3 = 4\pi R^2$, R - радиус Земли, $R = 6400$ км;

n_1 — доля поверхности Земли, занимаемая сушей; $n_1 = 1/3$;

n_2 — доля поверхности суши, занятая лесами; $n_2 = 0,2$;

$$S_{\text{сл}} = 4 \cdot 3,14 \cdot (6400)^2 \cdot 1/3 \cdot 0,2 \cdot 100 = 3,42 \cdot 10^9 \text{ га} .$$

2. Находим площадь безвозвратной потери лесов за год:

$$S_{\text{бл}} = a \cdot b \cdot \tau \text{ га/год},$$

где a - ежесекундная потеря лесов, га/с;

b - доля безвозвратной потери лесов;

τ - количество секунд в году, с/год.

$$S_{\text{бл}} = 1 \cdot (1 - 0,1) \cdot 360 \cdot 24 \cdot 365 = 2,83 \cdot 10^7 \text{ га/год} .$$

3. На сколько лет хватит запасов лесов на планете Земля:

$$T = 3,42 \cdot 10^9 / 2,83 \cdot 10^7$$

Задача 3

Оценить степень опасности употребления в пищу моркови, выращенной на почве, содержащей 100 мг/кг бора, если в морковь переходит 3% бора, а урожай моркови 300 ц/га. При содержании бора в организме менее 1 мг/кг веса человека в организме ощущается дефицит бора, а при 190 - наблюдается токсическое действие. Ежедневная норма поступления бора в организм - 10 мг/кг. Принять ежедневное потребление моркови - 300 г. Плотность почвы — 1,4 кг/дм, глубина пахотного слоя почвы - 40 см. Дать токсикологическую характеристику соединений бора.

Решение:

1. Сколько бора (G_B) переходит из почвы в 1 кг моркови:

$$G_B = C_B \cdot n \cdot q_1 \cdot q_2 \text{ мг/кг,}$$

где C_B - концентрация бора в почве, мг/кг;

n - доля бора, переходящая в морковь;

q_1 - вес моркови, собираемой с 1 м² почвы, кг/м²;

$q_1 = h \cdot S \cdot \rho$, где h - глубина пахотного слоя, м ($h = 0,4$ м);

S - площадь, м² ($S = 1$ м²);

ρ - плотность почвы, кг/м³;

$q_1 = 0,4 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 10^3 = 560$ кг/м²;

q_2 - урожай моркови с площади в один м², кг/м².

$$G_B = 100 \cdot 0,03 \cdot 560 \cdot 3 = 5040 \text{ мг/кг.}$$

2. Сколько бора поступает в организм человека ежедневно:

$$P_{\text{бор}} = (5040 \cdot 0,3)/70 = 21,6 \text{ мг/кг веса человека.}$$

Количество бора превышает ежедневную норму, но значительно меньше концентрации, при которой наблюдается токсическое действие бора на организм человека.

Токсикологическая характеристика включает:

- действие соединений бора на человека;
- различные показатели (ПДК, ОБУВ, летальные дозы и концентрации);
- класс опасности бора.

Задачи второго цикла

Принять:

- коэффициент стратификации атмосферы $A = 140$;
- коэффициент, учитывающий рельеф местности $\eta = 1$;
- температуру наружного воздуха $T_{ос} = 20^{\circ}\text{C}$, для зимнего периода года (для котельной) $T_{ос} = - 17,4^{\circ}\text{C}$;
- коэффициент экологической ситуации и значимости для атмосферы - $\alpha = 1,9$ и для гидросферы $\alpha = 1,17$.

1. Оценить ущерб атмосфере от выброса пыли при обжиге известняка в шахтных печах. За год в печи обжигается 40 тыс. тонн известняка, максимально за месяц — 4 тыс. тонн. При обжиге 1 т известняка в воздух выделяется 2 кг пыли.

Запыленный воздух из печи дымососом со скоростью 3 м/с удаляется через трубу высотой 15 м, диаметром 0,6 м. Температура дымовых газов 120°C .

2. Оценить ущерб атмосфере от выброса диоксида серы (SO_2), поступающего с вентиляционным воздухом от участка окраски тканей кубовыми красителями. В среднем за час на участке окрашивают 1000 погонных метров (п.м) ткани, максимально — 2000. При окраске 1 п.м ткани в воздух выделяется 2 г SO_2 . Участок работает 5700 часов в году.

Загрязненный воздух от красильных ванн удаляется вентиляционной установкой производительностью 10 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$ через трубу высотой 7 м, диаметром 0,4 м. Эффективность вентиляционной установки - 60%, температура удаляемого воздуха - 35°C .

3. Оценить ущерб атмосфере от выброса паров свинца (Pb), образующихся при автоматическом наборе шрифта на линотипах в типографии. Максимально на участке работает 10 линотипов, в среднем - в 1/6 лимита рабочего времени. С одного линотипа в час выделяется 2 г Pb. Вентиляционная установка, собирающая загрязненный воздух со всего участка, выбрасывает его через трубу высотой 7 м, диаметром 0,4 м, со скоростью 7 м/с. Температура удаляемого воздуха - 50°C.

4. Оценить ущерб окружающей среде от участка мойки машин, если на 1 машину расходуется 50 л воды. За 7 часов работы обрабатывают 15-20 машин. Участок работает 260 дней в году. При мытье с одной машины в воду попадает 8-15 г нефтепродуктов.

Промывные воды самотеком попадают в ручей, расход воды в котором составляет 0,2 м³/с, средняя глубина в районе стока - 0,5 м, скорость течения - 0,6 м/с. Фоновый уровень загрязнения воды в ручье нефтепродуктами равен 0,6 ПДК. Через 200 м ручей впадает в реку, коэффициент извилистости ручья - 1,3.

5. Оценить возможность выпуска сточной воды, содержащей фенол, с участка изготовления прессованных плит на мебельном комбинате. На изготовление 1 плиты расходуется 10 л воды и поступает 1 г фенола. За смену (7 часов) на участке вырабатывают 140 плит, участок работает в две смены 260 дней в году. Потери воды в производстве составляют 20%.

Сточная вода (СВ) сбрасывается в городской коллектор. Степень очистки от фенола на городских очистных сооружениях (ГОС) - 80%, допустимая концентрация фенола при сбросе СВ в реку после ГОС равна ПДК_{рх} (для фенола), а

допустимая концентрация фенола при сбросе СВ с мебельного комбината в горколлектор составляет 1/10 от его концентрации на входе в ГОС.

6. Оценить ущерб окружающей среде, наносимый выбросом вентиляционного воздуха, загрязненного парами ртути (Hg), с участка утилизации отработанных ртутных ламп. При утилизации одной лампы в воздух поступает 0,5 мг ртути. За смену (5 часов) на участке утилизируют в среднем 150 ламп, максимально - 200, количество рабочих дней в году 260, причем на максимальную производительность приходится 10% лимита рабочего времени.

Загрязнённый ртутью воздух вентиляционной установкой производительностью 6 тыс. м³/час удаляется через трубу высотой 7 м, диаметром 0,4 м. Температура удаляемого воздуха 30°C, эффективность вентилятора - 80%.

7. Оценить ущерб окружающей среде от прачечной, работающей по 6 часов в сутки 260 дней в году. При стирке образуется 2 м³ /смену сточной воды (СВ), содержащей максимально 50 мг/л, в среднем - 30 мг/л поверхностно-активных веществ (ПАВ). Причем максимальное загрязнение СВ составляет 10% от лимита рабочего времени.

Сточная вода сбрасывается в реку рыбохозяйственной категории водопользования. Расход воды в реке 2 м³/с, средняя глубина 1 м, скорость течения - 0,3 м/с. Фоновая концентрация ПАВ составляет 0,3 ПДК_{рх}.

8. Оценить ущерб окружающей среде от котельной, работающей на каменном угле. За самый холодный месяц (январь) в котельной сжигают 40 т угля, за отопительный сезон (с 15 сентября по 15 апреля) - 250 тонн. При сжигании угля с

дымовыми газами в атмосферу поступают окислы азота (NO_2) в количестве 0,5 кг/тону угля.

Дымовые газы дымососом удаляются через трубу высотой 15 м, диаметром 0,5 м, со скоростью 1 м/с и температурой 120°C.

9. Оценить возможность выпуска сточной воды (СВ) в городской коллектор с окрасочного участка, в котором установлено 10 окрасочных камер. Участок работает в две смены по 6 часов 260 дней в году. В каждой камере в час окрашивается изделий общей площадью 100 м², максимально - 200 м². При окраске в воздух выделяется окрасочный аэрозоль в количестве 5 г/м² покрываемой поверхности. Для улавливания аэрозоля в камере предусмотрена водяная завеса, расход воды составляет 2 л/с · камеру. Окрасочный аэрозоль частично (60%) задерживается в отстойнике, остальная часть вместе с водой сбрасывается в городской коллектор. Допустимая концентрация аэрозоля при сбросе СВ в горколлектор составляет 1 мг/л. Потери воды при работе водяной завесы составляют 30% от ее расхода. Максимальная производительность составляет 10% лимита рабочего времени.

10. Оценить эффективность работы городских очистных сооружений (ГОС) для города, где проживает 300 тыс. жителей. Ежедневно каждый житель расходует максимально — 100, в среднем — 70 л воды, безвозвратные потери которой составляют 30%. От одного жителя в сутки с продуктами его жизнедеятельности в сточную воду поступает до 50 г органических веществ, содержание которых в сточной воде характеризуется комплексным показателем - биологическим потреблением кислорода (БПКп). Степень очистки от органических соединений на ГОС - 80%,

допустимая концентрация БПКп в воде, сбрасываемой в реку после ГОС, равна ПДК для водоемов рыбохозяйственной категории водопользования. Производительность ГОС - 1,5 тыс. м³/сточной воды в час.

Примеры решения задач второго цикла

Задача 1

Оценить ущерб окружающей среде от участка травления кинескопов в растворе плавиковой кислоты (HF). При травлении в воздух выделяются пары HF, которые вентиляционной установкой производительностью 10 тыс. м³/час удаляются через трубу, высотой 8 м, диаметром 0,4 м. Температура удаляемого воздуха - 30°C. Эффективность вентиляционной установки - 72%. Максимально на участке за час обрабатывают 1200 кинескопов, в среднем -1000, причем при обработке одного кинескопа в воздух выделяется 100 мг паров плавиковой кислоты. Участок работает 5200 часов в году. Максимальная производительность составляет 20% лимита рабочего времени.

Решение:

1. Находим максимальный выброс паров HF (M_{HF} , г/с):

$$M_{HF} = M' \cdot P_{\max} \text{ г/с,}$$

где M' - сколько HF выделяется с одного кинескопа, г/шт;
 P_{\max} - максимальная секундная производительность, шт/с;

$$M_{HF} = (0,1 \cdot 1200)/3600 = 0,0333 \text{ г/с .}$$

2. Находим годовой (валовый) выброс паров HF, т/год:

$$V_{\text{HF}} = M^? \cdot 10^{-6} \cdot [\text{Пср} \cdot \tau \cdot (1 - n) + \text{Пмах} \cdot \tau \cdot n] \text{ т/год},$$

где Пср - средняя часовая производительность, шт/ч;

τ - количество рабочих часов в году, ч/год;

n - доля времени, когда обрабатывают максимальное количество кинескопов.

$$V_{\text{HF}} = 0,1 \cdot [1000 \cdot 5200 \cdot 0,8 + 1200 \cdot 5200 \cdot 0,2] \cdot 10^{-6} = 0,541 \text{ т/год}.$$

3. Предельно-допустимый выброс паров HF (ПДВHF, г/с) рассчитываем в соответствии с методикой.

Находим степень нагретости выброса по параметру f по формуле:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T},$$

где ω_0 - скорость выброса вентиляционного воздуха, м/с;

D - диаметр трубы, м;

H - высота трубы, м;

ΔT - разность температур между удаляемым воздухом ($t_{\text{ув}}$) и температурой окружающей среды ($t_{\text{oc}} = 20^\circ\text{C}$).

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot D^2},$$

где V_1 - фактическая секундная производительность

вентиляционной установки, м³/с.

$$V_1 = 10000 \cdot 0,72/3600 = 2 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$\omega_0 = \frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,4^2} = 15,9 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$f = 1000 \frac{(15,9)^2 \cdot 0,4}{8^2 \cdot (30 - 20)} = 63,2.$$

Так как $f < 100$, то источник выброса горячий и расчет ПДВ проводим по формуле:

$$\text{ПДВ}_{\text{HF}} = \frac{(\text{ПДК}_{\text{HF}} - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \text{ г/с},$$

где C_{ϕ} - фоновая концентрация паров HF, принимаем равной 0,3ПДК_{мр.}, ПДК_{мр} для HF = 0,02 мг/м³;

A - коэффициент стратификации атмосферы; $A = 140 \text{ с}^{2/3} \cdot \text{мг} \cdot \text{К}^{1/3}/\text{г}$;

F - коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ, для газов и паров $F = 1$, для пылей и аэрозолей лежит в пределах от 1 до 3; $F_{\text{HF}} = 1$;

m, n — коэффициенты, учитывающие тепловой (m) и скоростной (n) напор вентиляционного воздуха;

η - коэффициент, учитывающий рельеф местности, принимаем $\eta = 1$ (для ровной поверхности).

Для определения m и n необходимы вспомогательные параметры f и V_m .

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T / H};$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot 10 / 8} = 0,9.$$

При $0,5 < V_m \leq 2$ и $f < 100$ $n = 0,532V_{m2} - 2,13V_m + 3,13 = 1,65$;

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} = 0,35;$$

$$ПДВ_{HF} = \frac{0,02 \cdot (1 - 0,3) \cdot 8^2 \cdot \sqrt[3]{2 \cdot 10}}{140 \cdot 1 \cdot 0,35 \cdot 1,65 \cdot 1} = 0,0239 \text{ г/с.}$$

4. Сравниваем максимальный выброс ($M_{HF} = 0,0333$ г/с) с $ПДВ_{HF} = 0,0239$ г/с. Вывод - выброс экологически опасен для окружающей среды, так как $M_{HF} > ПДВ_{HF}$.

5. Находим требуемую степень снижения выброса (x):

$$x = \frac{M_{HF} - ПДВ_{HF}}{M_{HF}} \cdot 100\% ;$$

$$x = \frac{0,0333 - 0,0239}{0,0333} \cdot 100\% = 28,2\%.$$

6. Находим величину ущерба (У, руб/год), наносимого атмосфере выбросами паров плавиковой кислоты:

$$У = \alpha \cdot [У' \cdot ПДВ_{HF} + 5У' \cdot (V_{HF} - ПДВ_{HF})] \text{ руб/год,}$$

где α - коэффициент экологической ситуации и значимости в районе расположения источника выброса, $\alpha = 1,9$;

$У'$ - ущерб от выброса одной тонны паров плавиковой кислоты, руб/тонну

$$Y' = Y'_{97} \cdot n = 3,3 \cdot 80 = 264 \text{ руб/т,}$$

где Y'_{97} - оценка на 1997 год;

n - инфляционный коэффициент; $n = 80$.

$\text{ПДВ}_{\text{HF}}^{\Gamma}$ — годовой предельно-допустимый выброс HF, т/год;

$$\text{ПДВ}_{\text{HF}}^{\Gamma} = \text{ПДВ}_{\text{HF}}^{\text{сек}} \cdot \tau \cdot 10^{-6} \text{ т/год,}$$

где $\text{ПДВ}_{\text{HF}}^{\text{сек}}$ - секундный предельно-допустимый выброс HF, г/с;

τ - количество рабочих секунд в году, в течение которых выбрасываются пары плавиковой кислоты, с/год; $\tau = 3600 \cdot 5200 = 18,72 \cdot 10^6$ с/год;

$$\text{ПДВ}_{\text{HF}}^{\Gamma} = 0,0239 \cdot 18,72 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} = 0,447 \text{ т/год;}$$

V_{HF} - годовой (валовый) выброс HF, т/год;

$$Y_{\text{HF}} = 1,9 \cdot [264 \cdot 0,447 + 5 \cdot 264 \cdot (0,541 \cdot 0,447)] = 459,98 \text{ руб/год.}$$

При условии $\Delta T \leq 0$ и $f > 100$, выброс считается холодным. В этом случае расчет ПДВ проводят по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H^{4/3} \cdot 8V_1}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D} \text{ г/с,}$$

Для определения коэффициента n для холодного выброса находят вспомогательный параметр V_m' по формуле:

$$V_m' = 1,3 \frac{\omega_0 \cdot D}{H}.$$

Показатель n для «горячего» и «холодного» выброса находят по формулам:

при $V_m(V_m') \geq 2$, $n=1$;

при $0,5 \leq V_m(V_m') < 2$, $n = 0,532V_m^2 \cdot (V_m'^2) - 2,13V_m(V_m') + 3,13$;

при $V_m(V_m') < 0,5$, $n = 4,4V_{\text{га}}(V_m')$.

Задача 2

Оценить ущерб от сброса в реку условно-чистой сточной воды с участка водоподготовки на ТЭЦ. На участке при регенерации ионитных фильтров в воду попадают хлорид-ионы в количестве: максимально - 1 кг с фильтра, в среднем - 0,8 кг. Постоянно регенерация проводится с 2-х фильтров из 10 имеющихся на участке. Время регенерации одного фильтра 4 часа, ТЭЦ работает в непрерывном режиме. Максимальное поступление хлорид-ионов составляет не более 20% от лимита рабочего времени.

Сброс условно-чистой сточной воды в объеме $2 \text{ м}^3/\text{с}$ осуществляется в реку рыбохозяйственной категории водопользования. Водность реки - 10 м/с, средняя глубина в районе выпуска СВ - 1,5 м, скорость течения - 0,5 м/с. Фоновую концентрацию хлорид-ионов принять равной $0,5 \text{ ПДК}_{\text{рх}}$.

Решение:

1. Находим количество хлорид-ионов, максимально сбрасываемых со сточной водой в течение часа:

$$P_{\text{Cl}^-} = P'_{\text{max}} \cdot n \text{ г/ч},$$

где P'_{max} - максимальное количество хлорид-ионов, поступающее в воду при регенерации одного фильтра, г/шт;
 n - количество фильтров, одновременно находящихся на регенерации, шт/час;

$$P_{\text{Cl}^-} = 1000 \cdot 2/4 = 500 \text{ г/ч} = 500/3600 = 0,139 \text{ г/с}.$$

2. Находим годовое (валовое) поступление хлорид-ионов в реку с условно-чистыми сточными водами, т/год :

$$P_{Cl}^{-\text{год}} = [P'_{\text{cp}} \cdot \tau \cdot (1 - a) \cdot n/4 + P'_{\text{max}} \cdot \tau \cdot a \cdot n/4] \cdot 10^{-6},$$

где P'_{cp} - среднее количество хлорид-ионов с 1 фильтра, г/фильтр;

τ - количество рабочих часов в году, ч/год;

a - доля рабочего времени, в течение которого поступает максимальное количество хлорид ионов.

$$P_{Cl}^{-\text{год}} = [800 \cdot 25 \cdot 365 \cdot 0,8 \cdot 2/4 + 1000 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,2 \cdot 2/4] \cdot 10^{-6} = 36,8 \text{ т/год}.$$

3. Находим предельно-допустимый сброс (ПДС_{Cl⁻}, г/ч):

$$\text{ПДС}_{Cl^-} = C_{Cl^-}^{\text{доп}} \cdot q_{\text{СВ}} \text{ г/ч},$$

где $q_{\text{СВ}}$ - объем сточной воды, м³/с; $q_{\text{СВ}} = 2 \text{ м}^3/\text{с}$;

$C_{Cl^-}^{\text{доп}}$ - допустимая концентрация хлорид-ионов в СВ, г/м³ ;

$$C_{Cl^-}^{\text{доп}} = n \cdot (\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}},$$

где ПДК - предельно-допустимая концентрация хлорид-ионов, ПДК_{рх} = 300 мг/л;

$C_{\text{ф}}$ - фоновая концентрация хлорид-ионов в воде, $C_{\text{ф}} = 0.5\text{ПДК}$;

n — кратность разбавления сточной воды:

$$n = \frac{q_{\text{СВ}} + \gamma Q_p}{q_{\text{СВ}}},$$

где Q_p - расход воды в реке, м³/с, $Q_p = 10 \text{ м}^3/\text{с}$;

γ - коэффициент смешения:

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha \cdot \sqrt[3]{L_{\phi}})}{1 + [\exp(-\alpha \cdot \sqrt[3]{L_{\phi}})] \cdot Q_p / q_{\text{СВ}}},$$

где α - коэффициент, учитывающий гидрологические характеристики реки в месте сброса сточной воды;

L_{Φ} — расстояние от места выпуска сточной воды до контрольного створа. Для рек рыбохозяйственной категории водопользования $L_{\Phi} = 500$ м.

$$\alpha = \varphi * \zeta * \sqrt[3]{D/q},$$

где φ - коэффициент извилистости. Для рек рыбохозяйственной категории водопользования $\varphi \approx 1$;

ζ - коэффициент, учитывающий место выпуска сточных вод в реку. Для берегового выпуска $\zeta = 1$;

D - коэффициент диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$;

q - ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$.

$$D = \bar{w} \cdot H^3/200 \text{ м}^2/\text{с},$$

где \bar{w} - средняя скорость течения, $\text{м}/\text{с}$;

H - средняя глубина реки, м.

$$D = 0,5 \cdot 1,5/200 = 0,00375 \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\alpha = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{0,00375/9,8} = 0,072;$$

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-0,576)}{1 + 5[\exp(-0,576)]} = 0,56$$

$$n = \frac{2 + 0,56 * 10}{2} = 3,8$$

$$C_{\text{Cl}^-}^{\text{доп}} = 3,8 \cdot (300 - 150) + 150 = 720 \text{ мг}/\text{л};$$

$$\text{ПДС}_{\text{Cl}^-} = 720 \cdot 2 = 1440 \text{ г}/\text{с}.$$

4. Сравниваем фактический сброс (0,139 г/с) с допустимым (1440 г/с). Вывод: сброс экологически безопасен, очистки не требуется.

5. Находим ущерб, наносимый реке:

$$Y = \beta \cdot Y'_{\text{Cl}^-} \cdot B \text{ руб/год,}$$

где β - коэффициент экологической ситуации состояния водных объектов в районе расположения предприятия. Для Ивановской области $\beta = 1,17$;

Y'_{Cl^-} - ущерб от сброса 1 тонны хлорид-ионов, руб/тонну;

B - валовый сброс, т/год.

$$Y' = Y'' \cdot n,$$

где Y'' - ущерб от сброса одной тонны загрязняющего вещества в 1997 г;

n - инфляционный коэффициент, $n = 80$;

$$Y' = 80 \cdot 0,007 = 0,56 \text{ руб/т ;}$$

$$Y = 1,17 \cdot 0,56 \cdot 36,8 = 24,11 \text{ руб/год.}$$

Задача 3

Оценить возможность выпуска сточной воды с гальванического участка в горколлектор, если за смену (7 часов) на участке промывают максимально 15 тыс. деталей, в среднем - 12 тыс. Площадь каждой детали $0,3 \text{ м}^2$. На промывку 1 м^2 расходуется 10 л воды, потери воды составляют 20%. В сточную воду поступают соединения хрома в количестве 5 мг с одной детали. Участок работает в 2 смены, 260 часов в году, причем максимальная производительность не превышает 10% лимита рабочего времени.

На городских очистных сооружениях степень очистки от соединений хрома составляет 10%, допустимая к выпуску в реку концентрация соединений хрома после ГОС равна $1,5 \text{ ПДК}_{\text{рх}}$, а допустимая к сбросу с гальванического участка концентрация хрома составляет $1/10$ от его концентрации на входе на ГОС.

Решение:

1. Найдем максимальный часовой расход воды на промывку:

$$Q = Q' \cdot \Pi_{\max}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где Q' - количество воды, расходуемой на промывку 1 м² изделий, м³/м²;

Π_{\max} - максимальная часовая производительность, м²/ч;

$$Q = 0,01 \cdot 0,3 \cdot 15 \cdot 10^3 / 7 = 6,4 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

2. Находим годовой расход воды на промывку деталей:

$$Q_{\text{ч}} = Q'[\Pi_{\text{ср}}(1 - a) \cdot \tau + \Pi_{\max} \cdot a \cdot \tau] \text{ м}^3/\text{год},$$

где $\Pi_{\text{ср}}$ - средняя производительность, м²/смену;

τ - количество смен в году, смен/год;

a - доля максимальной производительности на участке.

$$Q_{\text{час}} = 0,01[0,3 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 260 \cdot (1 - 0,1) + 0,3 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 260 \cdot 0,1] = 19188 \text{ м}^3/\text{год}.$$

3. Находим часовой и годовой расход сточной воды на участке:

$$q_{\text{час}} = Q_{\text{час}} \cdot (1 - 0,2) = 6,4 \cdot 0,8 = 5,12 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$q_{\text{год}} = Q_{\text{год}} \cdot (1 - 0,2) = 191,88 \cdot 10^4 \cdot 0,8 = 153,504 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

4. Находим часовое и годовое (валовое) количество соединений хрома в сточной воде:

$$P_{\text{час}} = P' \cdot \Pi_{\max} \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 0,3 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} / 7 = 3,2 \text{ г/ч};$$

$$\begin{aligned} P_{\text{год}} &= P'[\Pi_{\text{ср}}(1 - a) \cdot \tau + \Pi_{\max} \cdot a \cdot \tau] \cdot 10^{-6} = \\ &= 5[0,3 \cdot 12 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 260 \cdot 0,9 + 0,3 \cdot 15 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 260 \cdot 0,1] \cdot 10^{-6} \\ &= 9,594 \text{ кг/год}. \end{aligned}$$

5. Находим концентрацию соединений хрома в сточной воде:

$$C_{Cr} = P_{\text{час}}/q_{\text{час}} = 3,2/6,4 = 0,5 \text{ г/м}^3 \text{ (или мг/л)}.$$

6. Находим допустимую концентрацию соединений хрома на входе в ГОС:

$$C'_{Cr} = \frac{C''_{Cr}}{1 - \eta_{Cr}} = \frac{1,5 * 0,001}{1 - 0,1} = 0,0016 \text{ мг/л (г/м}^3\text{)},$$

где C''_{Cr} - допустимая концентрация соединений хрома при сбросе очищенной воды в реку после ГОС. По условию $C''_{Cr} = 1,5$ ПДК_{рх}, ПДК_{рх} = 0,001 мг/л;
 η_{Cr} — степень очистки сточных вод от хрома на ГОС.

7. Находим концентрацию хрома, допустимую к сбросу в горколлектор с гальванического участка:

$$C'''_{Cr} = 0,1 \cdot C'_{Cr} = 0,00016 \text{ мг/л}.$$

8. Сравниваем фактическую концентрацию хрома в сточной воде после промывных деталей (C_{Cr}) с допустимой (C'''_{Cr}). Вывод: так как $C_{Cr} = 0,5$ мг/л \gggg $C'''_{Cr} = 0,00016$ мг/л, то сбрасывать такую воду нельзя. Необходимо предусмотреть локальную очистку (например, реагентный метод). Требуемую степень очистки рассчитывают по формуле:

$$\eta = \frac{C_{Cr} - C'''_{Cr}}{C_{Cr}} * 100\% = \frac{0,5 - 0,00016}{0,5} = 99,9\%.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практические работы по природопользованию и охране окружающей среды формируют целостное представление о взаимодействии объектов техносферы с человеком, техногенной и природной средой, обеспечивает формирование теоретических знаний и практических навыков, необходимых для принятия экологически, технически и экономически обоснованных решений уменьшения негативного воздействия объектов техносферы на среду обитания человека. В результате выполнения практических работ по дисциплинам «Природопользование» и «Охрана окружающей среды» студенты приобретают знания о специальной терминологии, основных этапах становления и развития деятельности по использованию природных ресурсов и охраны окружающей среды; общих принципах функционирования геосистем и осуществлении всех видов деятельности человека, связанных либо с непосредственным использованием природы и ее ресурсов, либо с изменяющими ее воздействиями. Изучения данных курсов позволяет овладеть практическими навыками экологического анализа состояния природной среды.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Варианты заданий к работе 1

Вариант	Бассейн, топливо, марка	Расход топлива V , т/год (тыс. м ³ /год)	Мощность Q		Тип топки	η , %	η''	M_{\max} , т/мес.
			кВт	Мт/ч				
1	Подмосковный, Б2Р	195	200	-	Шахтная	92	0,08	50
2	Печерский (Инта), ДР	730	300	-	Слоевая	90	0,07	100
3	Кузнецкий, ДР, ДСШ	1000	400	-	С пневмомеханическими забрасывателями и решеткой прямого хода	95	0,1	210
4	Кузнецкий, ДР, ДСШ	800	250	-		93	0,06	160
5	Подмосковный, Б2Р	195	200	-	Шахтная	0	0	31
6	Печерский (Инта), ДР	400	150	-	Слоевая	0	0	28
7	Кузнецкий, ДР, ДСШ	1000	-	3,0	С пневмомеханическими забрасывателями и цепной решеткой обратного хода	85	0	150
8	Кузнецкий, ДР, ДСШ	350	-	2,0		70	0	70
9	Подмосковный, Б2Р	185	200	-	Шахтная	80	0,07	45
10	Кизеловский, ГР	150	50	-	Слоевая	88	0,06	35
11	Интауголь, ДР	700	200	-	Слоевая	60	0,07	120

Вариант	Бассейн, топливо, марка	Расход топлива V , т/год (тыс. м ³ /год)	Мощность Q		Тип топки	η , %	η''	M_{\max} , т/мес.
			кВт	Мт/ч				
12	Кузнецкий, ДР	1800	400	-	С пневмомеханическими забрасывателями и неподвижной решеткой	90	0,1	210
13	Кузнецкий, ГСШ	700	350	-	Слоевая бытовая	93	0,07	170
14	Печорский, ДР	450	-	4 т/ч	Шахтная	65	0,02	70
15	Подмосковный, Б2Р	195	210	-	Слоевая	10	0	31
16	Кизеловский, ГР	700	250	-	Слоевая	20	0	40
17	Интауголь, ДР	450	150	-	Слоевая	30	0,03	28
18	Кузнецкий, ДР, ДСШ	800	-	2,6	С ручным забрасыванием и неподвижной решеткой	15	0	150
19	Воркутинский, ЖР	450	-	2,0	Слоевая	20	0	70
20	Экибастузский, ССР	400	-	3,0	Камерная	60	0	75
21	Мазут, сернистый	700	-	4,0	Камерная	0	0	100
22	Мазут, сернистый	800	-	5,0	Камерная	0	0	120

Примечание. η – степень очистки; η'' – доля оксидов SO_4 , улавливаемых в золоуловителе; M_{\max} – расход топлива в самый холодный месяц

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Характеристика топлив (при нормальных условиях)

Бассейн	Марка класса	W^r , %	A^r , %	S^r , %	Q_i^r , МДж/кг г	V_r^0 , м ³ /кг
Донецкий бассейн	ДР	13,0	28,0	3,5	18,50	
Ново-Дмитровское месторождение	Б1	50,0	18,0	3,3	10,05	
Подмосковный бассейн	Б2Р, Б20МСШ, Б2МСШ	32,0	39,0	4,2	9,88	
Печерский бассейн	ДР, Д	11,5	31,0	3,2	17,54	
Интауголь	ЖР	5,5	30,0	0,9	22,02	
Воркутауголь	ГР, ГМСШ	6,0	31,0	6,1	19,65	5,61
Кизеловский бассейн	Б3	17,0	29,9	1,0	14,19	4,07
Челябинский бассейн	Б1Р	56,0	6,6	0,7	9,11	2,93
Южноуральский бассейн	ДР, ДСШ	12,0	17,4	0,4	22,63	6,42
Кузнецкий бассейн	ГСШ	8,0	14,3	0,5	25,32	7,00
	Б2	33,0	4,7	0,2	15,70	4,62
Канско-Ачинский бассейн		50,0	12,5	0,3	8,12	-
Березовское месторождение		0,0	0,6	-	10,24	3,75
Торф		3,0	0,1	1,9	39,85	11,28
Дрова						
Мазут сернистый						

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Состав газа, % по объему

Газопровод	Ме тан	Эт ан	Пр оп ан	Бу тан	Пент ан и боле е тяже лые	Аз от	С О ₂	Н ₂ S	SO 2	С О	Н ₂	Непр едел ьные углев одор оды	Q, МД ж/м ³	ρ, кг/ м ³
Природный газ														
Кумертау	81,7	5,3	2,9	0,9	0,3	8,8	0,1	-	-	-	-	-	31,58	0,858
Бухара-Урал	94,2	3,2	0,4	0,1	0,1	0,9	0,4	-	-	-	-	-	27,83	0,758
Ямал-Центр	95,7	1,9	0,5	0,3	0,1	1,3	-	-	-	-	-	0,2	27,02	0,741
Оренбург-Урал	91,4	4,1	1,9	0,6	-	0,2	0,7	-	-	-	-	1,1	33,57	0,883
Попугные газы														
Каменный Лог-Пермь	38,7	22,6	10,7	2,7	0,7	23,8	-	0,8	-	-	-	-	50,68	1,196
Промышленные газы														
Газ доменных печей, работающих на коксе с добавкой природного газа	0,3	-	-	-	-	55,0	12,5	-	0,2	27,0	5,0	-	4,51	1,196
Газ коксовых печей	25,5	-	-	-	-	3,0	2,4	-	0,5	6,5	59,8	2,3	33,4	0,424

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Варианты заданий к работе 2

Вариант	П	П _ч	S ₀	П _у	П _м	S _ш	α	h	ν	T _с	K ₂	K ₄ (пункты)	K ₆	Оборудование
1	62200	7,3	12850	58800	6,8	980	1,0	1,0	1,5	178	1,0	а	1,6	ЭШ-15/90
2	60150	7,0	12900	59000	6,9	980	1,2	1,5	1,8	180	1,0	в	1,6	ЭШ-20/90
3	61720	7,2	13100	60100	7,0	100	3,0	1,5	2,1	180	1,0	б	1,4	ЭШ-20/90
4	63100	7,4	13000	61200	7,2	102	3,5	0,5	4,5	168	1,0	г	1,4	ЭШ-10/70
5	62300	7,3	13150	61000	7,1	101	5,0	2,0	4,0	170	1,0	д	1,4	ЭШ-10/70
6	62500	7,4	13200	61000	7,1	101	5,0	2,0	3,0	172	1,0	е	1,4	ЭШ-10/70
7	60750	7,0	12780	58100	6,8	970	2,0	2,0	3,2	181	1,0	б	1,6	ЭШ-4/40
8	61330	7,2	12810	59200	6,9	990	2,5	1,0	2,5	180	0,2	в	1,5	ЭШ-6/45
9	61580	7,2	12990	58100	6,8	970	6,0	4,0	6,2	120	0,2	а	1,6	ЭШ-4/40
10	62300	7,3	12920	59200	6,6	980	6,5	8,0	5,8	130	0,2	а	1,6	ЭШ-6/45
11	63350	7,4	12850	60180	7,0	103	7,0	8,0	6,3	140	0,2	а	1,4	ЭШ-5/45
12	64050	7,4	13050	62150	7,3	105	7,2	6,0	7,1	136	0,2	г	1,3	ЭШ-5/45
13	64200	7,5	13100	62200	7,2	105	8,0	1,0	8,2	142	0,2	д	1,3	ЭШ-5/45
14	62150	7,3	13200	60100	7,0	102	7,5	4,0	5,1	128	0,2	д	1,3	ОШР-5250
15	61700	7,2	13350	58950	6,8	980	8,2	1,0	3,0	126	0,1	д	1,4	ОШР-5250
16	64100	7,4	13420	62300	7,3	105	4,5	1,5	0,8	134	0,1	в	1,3	ОШР-5250
17	62700	7,4	12800	60170	7,0	101	1,5	1,5	0,9	91	0,1	а	1,3	Бульдозер
18	62300	7,3	12920	60110	7,0	102	1,8	0,5	1,5	95	0,1	б	1,3	Бульдозер

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Варианты заданий к работе 3

Вариант	H , м	D , м	ω_0 , м/с	$T_{\text{ч}}$, °С	$T_{\text{в}}$, °С	M_3 , г/с	M_{SO_2} , г/с	M_{NO_x} , г/с	A	Γ , %
1	30	1,4	8,2	120	25,1	15,5	12,1	4,3	160	90
2	32	1,42	7,8	125	22,2	15,4	12,0	4,1	200	90
3	30	1,41	7,9	126	23,3	15,3	12,1	4,5	200	89
4	34	1,44	7,7	130	23,5	15,3	12,2	4,2	180	88
5	30	1,3	8,0	135	23,4	16,5	13,0	4,4	160	87
6	36	1,46	7,9	140	30,1	15,2	12,3	3,4	180	86
7	28	1,48	8,0	135	24,3	15,1	12,4	4,5	200	86
8	40	1,50	8,1	120	25,1	15,0	12,5	4,2	180	82
9	42	1,38	8,3	115	21,2	15,5	12,0	4,3	200	80
10	41	1,41	8,2	116	20,3	15,8	12,7	4,6	200	75
11	31	1,28	8,4	126	15,9	15,8	12,1	2,3	180	75
12	32	1,22	7,9	125	12,3	15,9	12,0	2,4	200	75
13	33	1,21	7,9	127	13,5	15,4	12,1	2,5	140	75
14	34	1,34	7,8	132	20,1	15,5	12,2	2,3	140	78
15	35	1,35	8,1	136	13,9	16,8	13,0	2,4	160	78
16	36	1,46	7,8	141	22,2	16,2	12,5	3,5	250	78
17	37	1,49	8,2	138	25,1	16,1	12,4	4,1	160	72
18	38	1,52	8,1	129	26,2	16,0	12,5	3,2	140	72
19	39	1,48	8,4	125	20,9	17,5	12,0	4,4	200	72
20	41	1,46	8,5	126	22,1	17,8	12,7	3,6	180	72
21	42	1,41	8,1	140	16,1	16,5	12,1	3,3	180	65
22	43	1,43	8,8	145	17,2	16,4	12,0	3,1	140	90
23	40	1,44	8,9	146	20,3	16,3	12,1	3,5	160	90
24	44	1,45	8,7	132	21,5	15,8	12,2	3,2	180	80
25	45	1,47	8,0	138	13,9	16,6	13,0	4,1	160	70

Примечание. Расчет производится для одного источника выброса ($N = 1$).

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Варианты заданий к работе 4

Исходные данные						Вещество
Вариант	Номер источника	H , м	D , м	V , м ³ /с	M , г/с	
1	1	120	4,2	101,6	12,02	Сернистый ангидрид
					25,3	Двуокись азота
2	1	18	0,2	8,0	10,0	Толуол
					7,5	Ксилол
					1,25	Бутилацетат
3	1	10	0,5	9,2	12,0	Аммиак
					5,5	Сероводород
4	1	7	0,3	8,0	7,0	Толуол
					3,2	Ксилол
					4,5	Бутилацетат
5	1	11	0,7	6,0	3,5	Марганец и его соединения
					2,25	Оксид железа
					1,87	Хром
						шестивалентный
6	1	20	0,5	11,0	4,8	Оксид углерода
					3,9	Диоксид азота
					5,8	Сажа
7	1	12	0,3	6,1	2,8	Оксид углерода
					1,7	Диоксид азота
					3,0	Сажа
8	1	8	1,0	6,0	6,0	Аммиак
					5,48	Сероводород
9	1	80	3,0	80	10,0	Сернистый ангидрид
					22,0	Двуокись азота
10	1	15	0,45	4,0	0,55	Марганец и его соединения
					0,48	Оксид железа
					0,12	Хром
						шестивалентный

Продолжение прил. 6

Исходные данные						Вещество
Вариант	Номер источника	H , м	D , м	V , м ³ /с	M , г/с	
11	1	10	0,8	7,0	3,4	Взвешенные вещества
	2	29	0,5	12,0	5,2	
	3	8	0,5	9,0	1,5	
12	1	30	0,6	19,0	10,2	Серная кислота
	2	22	0,5	10,0	7,5	Сернистый ангидрид
13	1	10	0,8	7,0	3,5	Серная кислота
	2	15	0,4	9,0	7,2	Древесная пыль
	3	15	0,5	7,5	1,5	Взвешенные вещества
14	1	26	0,4	9,0	7,2	Древесная пыль
	2	18	0,45	6,0	5,0	Оксид углерода
	3	7	1,2	5,0	1,3	Диоксид азота
15	1	32	0,8	15,2	3,5	Взвешенные вещества
	2	12	0,4	10,9	1,5	Уксусная кислота
16	1	18	0,6	9,1	2,8	Ксилол
	2	15	0,5	7,0	3,5	Толуол
	3	10	0,8	8,2	7,2	Ксилол

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Варианты заданий к работе 4

Среднегодовая концентрация ЗВ, мг/м³

Вариант	Город А				Город В			
	NO ₂	SO ₂	ТВ Ч	Прочие ЗВ	NO ₂	SO ₂	ТВ Ч	Прочие ЗВ
1	0,1	0,02	0,1	V ₂ O ₅ 0,004; MnO ₂ 0,001; пропилен 2,0; FeO 0,02	0,03	0,05	0,3	Оксид железа 0,1; пыль зерновая 0,5; стирол 0,005
2	0,15	0,07	0,1	Кислота азотная 0,2; Cr ⁶ 0,007; сажа 0,06; толуол 0,3	0,06	0,1	0,1	Пыль абразивная 5 0,1; ТЭС 2·10 ⁻⁶ ; СО 5,2
3	0,04	0,07	0,2	Пропилен 3,0; Hg 0,0005; скипидар 1,6	0,02	0,1	0,3	HNO ₃ 0,35; фурфурол 0,06; пыль бумажная 0,3
4	0,07	0,08	0,7	Фурфурол 1,3; скипидар 1,3; сажа 0,15	0,11	0,03	0,1	Hg 0,0007; ацетон 0,8; зола сланцевая 0,08
5	0,03	0,12	1,2	Ксилол 0,35; оксид железа 0,06; бутилацетат 0,27	0,1	0,1	0,1	Кислота уксусная 0,1; стирол 0,003; пропилен 3,0
6	0,04	0,05	0,1	Толуол 1,8; ТЭС 4·10 ⁻⁶ ; H ₂ S 0,01	0,02	0,07	0,1	H ₂ SO ₄ 0,17; фурфурол 0,08; толуол 1,3
7	0,1	0,15	0,0	Стирол 0,005; пыль механическая 0,05; оксид меди 0,003	0,03	0,1	0,1	Аммиак 0,12; ацетон 0,3; пыль зерновая 0,05
8	0,13	0,01	0,1	ТЭС 4,7·10 ⁻⁶ ; пропилен 1,0; кислота уксусная 0,05	0,04	0,17	0,4	Фенол 0,1; сажа 0,07; пыль зерновая 0,07
9	0,18	0,02	0,1	Бутилацетат 0,22; MnO ₂ 0,003; фурфурол 0,03	0,15	0,08	0,0	Скипидар 1,2; сажа 0,12; метилмеркаптан 20·10 ⁻⁶

Среднегодовая концентрация ЗВ, мг/м ³								
Ва ри ан т	Город А				Город В			
	NO 2	SO 2	ТВ Ч	Прочие ЗВ	NO 2	SO 2	ТВ Ч	Прочие ЗВ
10	0,0 9	0,2 1	0,1	Стирол 0,005; сажа 0,04; HNO ₃ 0,2	0,1 1	0,0 6	0,1	Тетраэтилсвинец 3·10 ⁻⁶ ; свинец 0,0007; пыль бумажная 0,3
11	0,0 4	0,0 7	0,2 2	Hg 0,0005; кислота уксусная 0,09; аммиак 0,25	0,0 7	0,1	0,3	Фенол 0,009; H ₂ SO ₄ 0,08; бензин малосернистый 1,2
12	0,0 9	0,0 3	0,1 7	Скипидар 2,7; пропилен 0,9; метилмеркаптан 7·10 ⁻⁶	0,0 2	0,3 2	0,1 2	Зола сланцевая 0,23; фенол 0,01; HNO ₃ 0,12
13	0,0 5	0,1 2	0,1 1	Стирол 0,007; Hg 0,0004; зола сланцевая 0,15	0,0 3	0,2 4	0,2 7	Окись меди 0,005; пропилен 6,5; бутилацетат 0,12
14	0,1	0,1 2	0,0 8	Фурфурол 0,05; CO 5,2; Cr ⁶⁺ 0,002	0,0 6	0,1 3	0,1	Фенол 0,006; сажа 0,03; ксилол 0,65
15	0,0 3	0,1 2	0,3 2	Окись меди 0,004; NH ₃ 0,12; тетраэтилсвинец 5,2·10 ⁻⁶	0,0 7	0,2	0,2	V ₂ O ₅ 0,06; пыль древесная 0,15; CO 5,2
16	0,0 6	0,0 3	0,4	H ₂ S 0,018; Cr 0,002; пропилен 2,0	0,0 4	0,0 3	0,1	Толуол 0,25; кислота уксусная 0,2; бутилацетат 0,35
17	0,1 3	0,2	0,1 7	Стирол 0,003; толуол 0,25; скипидар 0,8	0,0 5	0,1 5	0,1 1	Сажа 0,12; оксид меди 0,003; зола мазутная 0,0001
18	0,0 3	0,0 7	0,1 3	Серная кислота 0,13; пропилен 5,2; фурфурол 0,05	0,0 8	0,0 8	0,1 7	Сероводород 0,006; кислота уксусная 0,1; сажа 0,08
19	0,0 9	0,0 9	0,0 9	Кислота азотная 0,32; оксид марганца 0,0012; аммиак 0,03	0,1	0,0 3	0,0 8	Хром ⁺⁶ 0,002; кислота серная 0,17; пыль древесная 0,2
20	0,0 7	0,0 3	0,1 8	Ртуть 0,0007; ацетон 0,48; ксилол 0,36	0,1 1	0,1 1	0,0 5	Свинец 0,007; фенол 0,005; бутилацетат 0,17

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Варианты заданий к работе 4

Вариант	Среднегодовая концентрация С, мг/м ³											
	SO ₂	NO ₂	ТВЧ	Hg	Фенол	H ₂ S	Фурфурол	Cr ⁺⁶	H ₂ S O ₄	HN O ₃	MnO ₂	Ацетон
	K _i = 1	K _i = 1,3	K _i = 1,0	K _i = 1,7	K _i = 1,3	K _i = 1,3	K _i = 1	K _i = 1,7	K _i = 1,3	K _i = 1,3	K _i = 1,3	K _i = 0,9
1	0,08	0,2	0,15	0,00 05					0,2		0,00 3	0,45
2	0,1	0,19	0,16		0,00 8			0,00 25		0,15		
3	0,03	0,08	0,17			0,00 8			0,13			0,40
4	0,04	0,17	0,18	0,00 07				0,00 35		0,2		
5	0,05	0,16	0,19				0,14		0,08		0,00 2	
6	0,06	0,15	0,20			0,01 5				0,25		
7	0,09	0,14	0,21		0,01 1				0,1			0,35
8	0,1	0,13	0,22			0,02 1		0,00 5		0,12		
9	0,11	0,12	0,13	0,00 1					0,3		0,00 4	
10	0,12	0,11	0,11				0,09			0,3		0,2
11	0,13	0,10	0,09		0,01			0,00 3				0,30
12	0,14	0,09	0,1			0,01 3		0,00 4				
13	0,05	0,08	0,08	0,00 02			0,08			0,25		
14	0,06	0,07	0,22		0,02 3				0,15			0,25
15	0,17	0,06	0,25			0,00 5				0,5		

Продолжение прил. 8

Вариант	Среднегодовая концентрация С, мг/м ³											
	SO ₂	NO ₂	ТВЧ	Hg	Фенол	H ₂ S	Фурфурол	Cr ⁺⁶	H ₂ S O ₄	HN O ₃	MnO ₂	Ацетон
	K _i = 1	K _i = 1,3	K _i = 1,0	K _i = 1,7	K _i = 1,3	K _i = 1,3	K _i = 1	K _i = 1,7	K _i = 1,3	K _i = 1,3	K _i = 1,3	K _i = 0,9
16	0,11	0,18	0,16		0,008			0,003		0,14		
17	0,03	0,07	0,17			0,007			0,12			0,41
18	0,05	0,18	0,19	0,0008				0,004		0,21		
19	0,04	0,15	0,18				0,13		0,07		0,001	
20	0,07	0,16	0,21			0,016				0,26		
21	0,08	0,14	0,21		0,011				0,11			0,36
22	0,08	0,14	0,22			0,022		0,005		0,11		
23	0,10	0,12	0,14	0,0009					0,29		0,004	
24	0,11	0,11	0,13				0,08			0,31		0,21

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух

Вещество	Код	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Класс опасно сти
Азота диоксид	0,301	0,085	0,04		2
Аммиак	0303	0,2	0,04		4
Ангидрид сернистый	0330	0,5	0,05		3
Ацетон	1401	0,35	0,35		4
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	2704	5,0	1,5		4
Бутилацетат	2110	0,1	0,1		4
Ванадия пятиокись	0110		0,002		1
Взвешенные вещества	2902	0,5	0,15		3
Дибутилфтал	1215			0,1	4
Железа оксид	0123		0,04		3
Зола сланцевая	2903	0,3	0,1		3
Кальция хлорид	3123			0,05	3
Керосин	2732	0,2		1,2	4
Кислота уксусная	1555		0,06		3
Кислота шавелевая	1591	0,2		0,015	2
Ксилол	0616		0,2		3
Мазутная зола электростанций (в пересчете на ванадий)	2904	0,01	0,002		2
Марганец и его соединения (в пересчете на марганец)	0143		0,001		2
Меди оксид (в пересчете на медь)	0146	9·10 ⁻⁶	0,002		2
Метилмеркаптан	1715				2
Натрия гидроокись (натр едкий, сода каустическая)	0150			0,01	2
Полиэтилен	0406			0,01	2
Пропилен	0521	3,0	3,0		3

Продолжение прил. 9

Наименование вещества	Код	ПДК _{мр} , мг/м ³	ПДК _{сс} , мг/м ³	ОБУВ, мг/м ³	Класс опасно сти
Пыль абразивная (корунд белый, монокорунд)	2930			0,04	3
Пыль бумаги	2962			0,1	3
Пыль древесная	2936			0,1	3
Пыль зерновая	2937	0,2	0,03		3
Пыль меховая (шерстяная, пуховая)	2920			0,03	3
Ртуть металлическая	0183		0,0003		1
Сажа	0328	0,15	0,05		3
Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0184	0,001	0,0003		1
Сероводород	0333	0,008			2
Скипидар	2748	2,0	1,0		4
Стирол	0620	0,04	0,002		2
Тетраэтилсвинец	0192			3·10 ⁻⁶	1
Толуол	0621	0,6	0,6		3
Уайт-спирит	2752			1,0	4
Углерода оксид	0337	5,0	3,0		4
Фенол	1071	0,01	0,003		2
Фурфурол	2425	0,05	0,05		3
Хром шестивалентный (в пересчете на трехокись хрома)	0203	0,0015	0,0015		1
Кислота серная (по молекуле H ₂ SO ₄)	0322	0,3	0,1		2
Кислота азотная (по молекуле HNO ₃)	0302	0,4	0,15		2

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

ПДК химических веществ в почве и допустимые уровни содержания по показателям вредности

Вещество	ПДК почвы с учетом фона, мг/кг	Показатели вредности			
		Транслокацио нный	Миграционный		Общесанита рный
			водный	воздушный	
Подвижная форма					
Cu	3,0	3,5	72,0	-	3,0
Ni	4,0	6,7	14,0	-	4,0
Zn	23,0	23,0	200	-	7,0
Co	5,0	25,0	>1000	-	5,0
Водорастворимая форма					
F	2,8	2,8	-	-	5,0
Валовое содержание					
Sb	4,5	4,5	4,5	-	500
Mn	1500	3500	1500	-	1500
V	150	170	350	-	150
Mn+V	1000+100	1500+150	2000+200	-	1000+100
Pb	30	35	260	-	30,0
As	2,0	2,0	150	-	10,0
Hg	2,1	2,1	33,3	2,5	5,0
Pb+Hg	20+1,0	20+1,0	30+2,0	-	30+2,0
KCl	560	1000	560	1000	5000
Нитраты	130	180	130	-	225
Бенз(а)пирен	0,02	0,2	0,5	-	0,02
Бензол	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0
Толуол	0,3	0,3	100	0,3	50,0
Изопропилбензо л	0,5	3,0	100	0,5	50,0
Альфаметилстир ол	0,5	3,0	100	0,5	50,0
Стирол	0,1	0,3	100	0,1	1,0
Ксилолы	0,3	0,3	100	0,4	1,0
H ₂ S	0,4	160	140	0,4	160
S элементарная	160	180	380	-	160
H ₂ SO ₄	160	180	380	-	160

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Варианты задач для примера 5.1

Вариант	Токсикант	Концентрация, мг/кг	Вариант	Токсикант	Концентрация, мг/кг
1	Никель	8,0	14	Бенз(а)пирен	0,4
	Медь	75,0		Никель	13,0
2	Цинк	20,0	15	Бензол	0,25
	Фтор	4,0		Кобальт	1300,0
3	Кобальт	12,0	16	Толуол	0,45
	Ванадий	120,0		Марганец	2000,0
4	Фтор	1,5	17	Изопропилбензол	2,5
	Мышьяк	8,0		Сурьма	55,0
5	Сурьма	46,0	18	Изопропилбензол	4,0
	Ртуть	2,8		Никель	12,0
6	Марганец	3000,0	19	Альфаметилстирол	0,4
	Мышьяк	3,0		Нитраты	400,0
7	Ванадий	115,0	20	Стирол	0,2
	Цинк	38,0		КГУ	650,0
8	Свинец	240,0	21	Ксилол	92,0
	Никель	3,5		Кобальт	75,0
9	Свинец	42,0	22	Сероводород	150,0
	Сурьма	10,0		Фтор	3,0
10	Мышьяк	4,0	23	Элементарная сера	190,0
	Свинец	60,0		Бенз(а)пирен	0,4
11	Ртуть	3,5	24	Серная кислота	145,0
	Цинк	20,0		Сурьма	5,0
12	Нитраты	150,0	25	ОФУ	8000,0
	Медь	65,0		Бензол	44,0
13	Бенз(а)пирен	0,15	26	КГУ	600,0
	Свинец	39,0		Толуол	98,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Варианты задач для примера 5.2

Вариант	Концентрация загрязняющих веществ в почве, мг/кг											
	Li	Be	S	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
1	61	12	410 0	220	740	92	-	-	-	-	-	-
2	-	23	235 0	630	170 0	66	250	-	-	-	-	-
3	-	-	610 0	420	135 0	80	350	41	-	-	-	-
4	-	-		345	770	170	64	80	300	-	-	-
5	-	-	-	-	320 0	31	195	230	510	12	-	-
6	-	-	-	-	-	22	250	215	68	9	0,3	-
7	-	-	-	-	-	-	46	112	265	41	0,1	130
8	55	-	520 0	-	415	-	400	-	48	-	0,09	-
9	-	41	-	190	-	44	-	178	-	14	-	66
10	-	-	321 0	520	-	-	120	190	-	-	0,07	313
11	116	15	-	-	234 5	132	-	-	148	29	-	-
12	-	-	-	590	110 0	143	-	-	-	35	0,15	280
13	96	38	446 0	-	-	-	276	134	286	-	-	-
14	-	26	342 0	355	-	-	-	155	90	11	-	-
15	-	-	230 0	615	820	-	-	-	270	32	0,03	-
16	-	-	-	448	197 0	83	-	-	-	18	0,6	79
17	86	-	-	-	974	78	314	-	-	-	0,8	124
18	70	31	-	-	-	73	265	202	-	-	-	266
Фоновые концентрации, мг/кг												
Все	23,5	1,5	720	63,5	180	8,4	23,2	15,3	41,3	0,7	0,01	11,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Варианты заданий к работе 6

Вариант	V_d	V_r	V_c	N_p	$N_{ж}$	$S_{рз}$		
						К	З	Л
1	30	66	15	12	39	200	130	90
2	31	64	14	15	38	190	120	85
3	33	67	16	17	37	180	115	70
4	38	69	17	13	40	175	110	70
5	31	68	16	14	41	175	115	75
6	30	64	14	15	40	185	120	80
7	32	69	18	11	39	190	125	80
8	34	69	17	17	37	200	130	85
9	30	68	18	10	35	210	135	80
10	33	69	17	11	33	205	140	90
11	35	68	19	12	34	190	130	75
12	36	68	18	13	37	185	125	70
13	38	68	17	15	39	170	120	70
14	31	69	16	15	40	180	130	75
15	32	67	15	14	38	185	140	80
16	34	69	14	13	41	190	140	80
17	37	69	15	10	42	195	145	85
18	37	69	15	12	42	205	140	75
19	38	68	14	11	41	210	150	90
20	31	67	13	14	38	185	130	85
21	30	66	13	15	37	170	125	70
22	30	68	15	18	36	185	135	75
23	32	69	14	15	35	190	130	80
24	33	68	16	16	36	200	140	80
25	34	69	17	17	40	205	145	95

Вариант	У _{рз}			У _{фз}			Ц		
	З	Л	К	К	З	Л	К	З	Л
1	15	21	8	20	31	11	150	300	105
2	15	22	8	20	32	11	150	300	105
3	15	20	8	20	30	12	150	300	105
4	15	20	6	20	30	10	150	300	105
5	16	19	7	21	29	11	150	300	105
6	16	19	7	21	29	11	150	300	105
7	16	19	7	21	29	11	150	300	105
8	16	19	6	21	29	10	150	300	105
9	17	19	7	22	29	11	160	310	110
10	17	20	8	22	30	12	160	310	110
11	17	20	8	22	30	12	160	310	110
12	17	21	8	22	31	12	160	310	110
13	16	21	9	21	31	13	160	310	110
14	16	21	7	21	31	11	160	310	110
15	16	18	6	21	28	10	160	310	110
16	16	18	6	20	29	10	155	305	100
17	15	18	6	20	28	10	155	305	100
18	15	18	6	21	28	10	155	305	100
19	15	18	5	20	29	9	155	305	100
20	15	17	5	20	27	9	155	305	100
21	14	17	5	19	27	9	155	305	100
22	14	19	6	19	29	10	155	305	100
23	14	20	6	19	30	10	155	305	100
24	15	20	6	20	30	10	155	305	100
25	15	21	8	20	31	13	155	305	100

Вариант	$S_{ГПР}$	$S_{СЗЗ}$	S_3	S_p	$S_{жр}$	S_r	$S_{пл}$	$S_o(S_{рз})$	$S_b(S_{рз})$	$S_б$	$S_{выр}$
1	6100	4300	890	262	90	230	200	800/300	680/210	165	237
2	6105	4204	882	260	99	231	202	810/332	690/215	164	235
3	6110	4203	884	261	98	234	201	802/318	685/212	161	234
4	6110	4200	879	298	94	237	204	800/320	685/212	162	233
5	6200	4305	880	250	91	228	205	803/300	685/212	167	232
6	6200	4300	895	251	90	227	206	800/310	685/212	165	240
7	6205	4310	894	248	94	219	210	810/320	678/202	165	241
8	6190	4210	879	249	95	218	201	805/301	678/202	161	232
9	6180	4200	884	240	97	221	200	804/308	678/202	159	230
10	6200	4100	891	250	97	228	202	800/310	678/202	152	230
11	6196	4120	895	251	98	217	204	805/290	679/205	148	231
12	6171	4128	892	254	94	219	206	805/290	679/205	151	241
13	6122	4130	818	262	90	230	208	805/290	679/205	159	240
14	6123	4140	820	250	91	231	210	790/3320	679/205	157	240
15	6124	4180	832	265	92	232	200	790/320	679/205	167	245
16	6100	4205	841	240	94	234	202	790/320	671/203	168	244
17	6112	4205	845	230	95	219	205	790/320	671/203	161	239
18	6118	4210	858	234	96	218	205	795/290	671/203	160	237
19	6201	4290	860	234	97	216	209	795/290	671/203	160	237
20	6204	4300	865	242	99	219	201	795/290	665/194	159	238
21	6185	4306	870	244	90	221	201	795/290	665/194	164	239
22	6186	4310	874	250	91	23	200	795/290	665/194	163	231
23	6207	4312	890	260	92	23	200	788/302	655/194	162	230
24	6208	4120	890	265	94	232	211	788/302	670/198	161	240
25	6200	4218	882	258	95	231	209	788/302	670/198	170	241

Примечание. V_d – объем добычи угля на угольном разрезе, млн т/год; V_r – объем суммарной горной массы, извлекаемой при добыче угля, млн т/год; V_c – объем складирования пород во внутренние отвалы, млн т/год; N_p – количество работающих на разрезе, тыс. чел.; $N_{ж}$ – количество жителей в рабочем поселке, тыс. чел.; $S_{рз}$ – количество рекультивированных земель, используемых в агропроизводстве (К – кормовые культуры, З – зерновые, Л – луговые), га; $Y_{рз}$ – урожайность на рекультивированных землях, ц/га; $Y_{фз}$ – урожайность на фоновых территориях, ц/га;

Π – оптовая цена, руб./ц; Π_n – нормативная оценка земли, руб./га, $\Pi_n = 15000$ руб./га; $S_{ГПР}$ – площадь горно-промышленного района, га; $S_{СЗЗ}$ – территория непосредственного влияния разреза (СЗЗ), га; S_3 – площадь застройки, га; S_p – рекреационная территория, га; $S_{жр}$ – площадь, занятая железнодорожными станциями, коммуникациями разреза, га; S_T – территория, нарушенная транспортными путями, га; $S_{пл}$ – территория площадных нарушений, га; $S_o(S_{pз})$ – территория, нарушенная отвалами, в том числе рекультивированная, га; $S_b(S_{pз})$ – площади, занятые внутренними отвалами, в том числе рекультивированные, га; $S_б$ – площади внутренних бестранспортных отвалов, га; $S_{выр}$ – площади выработанного пространства угольного разреза, га.

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

Варианты заданий к работе 7

Вариант	Содержание токсичных компонентов в отходе, %									
	Уголь активированный отработанный					Нефтешлам		Отход производства фторсолей		
	Хлор оформ	Углерод четырёххлористый	Бензол	Перхлорэтилен	Толуол	Нефтепродукты	Индустриальные масла	Серя	Сульфатин	Фторид-ион
1	25					50		34	0,47	0,14
2		25					48	30	0,68	2,3
3			25			46		25	3,4	4,5
4				25			44	30	3,4	4,5
5					25	42		25	13,5	2,3
6	25						40	30	10,1	4,5
7		20				37		40	10,1	9,0
8			20				35	30	13,5	4,5
9				20		33		25	16,9	6,8
10					20		32	30	6,8	4,5
11	15					30		15	13,5	4,5
12		15					28	20	6,8	4,5
13			15			26		40	13,5	4,5
14				15			24	40	20,3	2,3
15					15	22		30	29,7	0,45

Продолжение прил. 14

Ва ри ан т	Содержание токсичных компонентов в отходе, %									
	Уголь активированный				отработанный		Нефтешлам		Отход производства фторсолей	
	Хлор офор м	Углерод четырёхх лористы й	Бенз ол	Перх лор– этиле н	Гол уол	Нефте проду кты	Индуст риальн ые масла	Сер а	Суль фатио н	Фтор ид- ион
16		35				18		20	10,1	6,8
17			35				16	30	3,4	2,3
18				35		14		20	20,3	9,0
19					35		12	15	10,1	9,0
20	10					10		20	13,1	4,5
21		10					8	10	23,7	4,5
22			10			6		20	3,4	2,3
23				10			4	15	13,5	9
24					10	2		30	20,3	9

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сорокин Ю. П. Природопользование: Практикум / Ю.П. Сорокин. - СПб, 2005. 91 с.
2. Коробкин В.И. Экология / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов-н/Д: Феникс, 2007. 601 с.
3. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов по решению экологических задач (для всех направлений подготовки и специальностей). / НовГУ; сост. Васильева Г. В. Великий Новгород, 2010. 18 с.
4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Экология» для студентов всех специальностей очной формы обучения / ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. В.Ю.Лозовая, Л.Б. Сафонова, Л.Н. Звягина. Воронеж, 2009. 34 с.
5. Николайкин Н.И. Экология: учебник для вузов / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П.Мелехова. – М.: Дрофа, 2008. 622 с.
6. Основы природопользования: экологические, экономические и правовые аспекты: учеб. пособие / А.Е. Воробьев и др.; под ред. проф. В.В.Дьяченко. – Ростов-н/Д: Феникс, 2007. 542 с.
7. Прищеп Н.И. Экология: практикум: учеб. пособие для вузов / Н.И.Прищеп. – М.: Аспект Пресс, 2007. 272 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
I. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ	4
Практическая работа № 1 Расчет объема выбросов загрязняющих веществ в атмосферу	4
Практическая работа № 2 Расчет выбросов твердых частиц неорганизованными источниками (породные отвалы, открытые склады угля).....	13
Практическая работа № 3 Определение зон воздействия и влияния производства по рассеиванию загрязняющих веществ в атмосфере.....	22
Практическая работа № 4 Определение уровня (класса) экологического состояния атмосферы.....	28
Практическая работа № 5 Определение уровня загрязнения почвы населенного пункта и оценка степени опасности для здоровья населения	37
Практическая работа № 6 Оценка экологического состояния территории в зоне действия горного предприятия.....	46
Практическая работа № 7 Определение класса опасности промышленных отходов.....	56
II. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	87
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	111

Учебное издание

Павленко Анастасия Анатольевна

ПРАКТИКУМ
ПО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

В авторской редакции

Компьютерная верстка А.А. Павленко

Подписано к изданию 27.01.2016

Объем данных 3,75 Мб

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический
университет»

394026 Воронеж, Московский просп., 14