



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(ДГТУ)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»**  
**ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Ростов-на-Дону

2022 г.

Составитель: к.х.н., доцент В.В. Озерянская  
к.х.н., доцент О.В. Дымникова  
к.х.н., доцент Л.Е. Пустовая  
ст. преподаватель Р.Р. Лазуренко

Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Промышленная экология» для студентов заочной формы обучения– 19 с.

Печатается по решению методической комиссии факультета «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология».

Рецензент – д.х.н., профессор А.Г. Бережная

## ЦЕЛЬ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование экологической культуры будущих специалистов, усвоение основ экологического знания студентами, что необходимо для оптимизации взаимоотношений человека и природы.

## ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

При ответе на теоретические вопросы контрольной работы выбор номеров вопросов осуществляется по последней и предпоследней цифрам учебного шифра студента (**Таблица 1**). Выбор номера решаемой задачи осуществляется по последней цифре, а варианта задачи – по предпоследней цифре учебного шифра студента.

**Таблица 1.**

Номера вопросов		Последняя цифра номера зачетной книжки									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	1	1, 11, 21	2, 12, 22	3, 13, 23	4, 14, 24	5, 15, 25	6, 16, 26	7, 17, 27	8, 18, 28	9, 19, 20	10, 20, 30
	2	9, 20, 30	8, 19, 29	7, 18, 28	6, 17, 27	5, 16, 26	4, 15, 25	3, 14, 24	2, 13, 23	1, 12, 22	10, 21, 5
	3	2, 21, 14	3, 22, 13	4, 23, 14	5, 24, 15	6, 25, 16	7, 26, 17	8, 27, 18	9, 28, 19	10, 29, 7	11, 22, 1
	4	3, 15, 20	4, 11, 8	23, 1, 29	9, 13, 28	21, 2, 17	20, 1, 6	27, 5, 12	28, 6, 3	29, 13, 2	30, 19, 26
	5	12, 8, 21	13, 9, 30	14, 7, 29	15, 6, 28	16, 1, 27	17, 2, 26	18, 3, 25	19, 2, 24	20, 11, 19	21, 8, 13
	6	4, 14, 28	3, 12, 24	5, 25, 3	8, 16, 30	9, 18, 24	10, 2 20	1, 21, 4	2, 23, 15	16, 22, 9	15, 30, 22
	7	7, 27, 10	6, 26, 13	5, 15, 8	4, 24, 6	3, 23, 9	2, 22, 1	1, 21, 4	30, 8, 28	23, 17, 25	26, 10, 4
	8	1, 12, 25	2, 17, 23	3, 23, 9	4, 15, 7	5, 18, 20	6, 29, 8	7, 14, 11	8, 19, 24	10, 24, 6	11, 25, 19
	9	9, 17, 20	8, 13, 21	7, 24, 13	5, 12, 28	6, 23, 12	8, 29, 11	4, 30, 21	3, 25, 17	21, 15, 19	22, 7, 16
	0	1, 15, 27	2, 16, 24	3, 17, 10	4, 18, 27	5, 19, 30	6, 20, 11	7, 21, 16	8, 22, 17	19, 23, 18	18, 24, 10

## ВОПРОСЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Понятие экологии, её междисциплинарная роль и основные задачи. Структура экологической науки. Предмет изучения и задачи промышленной экологии.
2. Биосфера как глобальная экосистема, её свойства, состав и границы. Структура биосферы. Живое вещество, его свойства и функции.
3. Биогеоценоз и его структура. Понятие экосистемы, её отличие от биогеоценоза. Трофическая структура экосистем, их свойства и устойчивость. Сукцессия.
4. Понятие загрязнения окружающей среды. Классификация и виды загрязнений. Источники загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы.
5. Понятие экологической проблемы. Экологические катастрофы и экологические кризисы. Сущность и причины современного экологического кризиса.
6. Антропогенные воздействия на биосферу, их виды и классификация. Концепция ноосферы и направления выхода из экологического кризиса.
7. Представление о системе экологического нормирования. Нормативы качества окружающей среды. ПДК, ПДВ, ПДС, комплексные показатели.
8. Нормирование качества атмосферного воздуха: ПДК<sub>м.р.</sub>, ПДК<sub>с.с.</sub>, ПДК<sub>р.з.</sub>, предельно допустимый выброс (ПДВ) и его расчёт.
9. Рассеивание вредных выбросов в атмосфере. Факторы, влияющие на процесс рассеивания: метеорологические условия, рельеф местности и др. Санитарно-защитные зоны промышленных объектов.
10. Способы очистки газопылевых выбросов от пыли под действием гравитационных, инерционных, центробежных и электрических сил.
11. Фильтрационные механизмы пылеулавливания и типы фильтров.
12. Принципы и способы обеспыливания газопылевых смесей в результате контакта с жидкостью.
13. Абсорбционная очистка газовых выбросов от токсичных примесей: физическая и химическая абсорбция, условия массопереноса и кинетика абсорбционных процессов.
14. Адсорбционное улавливание токсичных компонентов газовых выбросов: величина адсорбции и стадии адсорбционного процесса, изотерма адсорбции и её типы, адсорбенты и их структура.
15. Каталитическая очистка газовых выбросов от токсичных газообразных компонентов.
16. Способы термического обезвреживания газовых выбросов.
17. Примеры очистки отходящих газов от оксидов углерода, оксидов азота, диоксида серы и сероводорода: условия и механизмы, уравнения химических реакций.
18. Нормирование качества воды: ПДК, ЛПВ, БПК, ХПК, бактериологические критерии. Дифференциальные и комплексные методы оценки качества воды. Представление о биотестировании.
19. Понятие сточных вод, их классификация и виды загрязнений. Эколого-химические требования к очистке сточных вод. Предельно допустимый сброс (ПДС).оборотное водоснабжение.
20. Классификация методов очистки и обезвреживания промышленных сточных вод.

21. Механическая очистка сточных вод от взвешенных и плавающих примесей: процеживание, отстаивание, фильтрация.
22. Физико-химические методы очистки сточных вод: флотация, коагуляция, флокуляция, адсорбция, экстракция, ионный обмен.
23. Мембранные и электрохимические методы очистки сточных вод.
24. Химическая очистка сточных вод: нейтрализация, осаждение, окисление и восстановление. Хлорирование и озонирование воды.
25. Биологическая очистка сточных вод.
26. Источники и классификация твёрдых отходов. Полигоны твёрдых отходов. Методы переработки твёрдых отходов. Использование твёрдых отходов в качестве вторичных материальных ресурсов (ВМР).
27. Экологические проблемы энергетики. Воздействие ТЭС, ГЭС и АЭС на окружающую среду. Альтернативные источники энергии.
28. Экологическая стандартизация и паспортизация. Экологическая экспертиза.
29. Леса, их роль в природе и использование. Воспроизводство и охрана лесов.
30. Источники экологического права. Закон РФ об охране окружающей природной среды. Понятие экологического правонарушения и юридическая ответственность за него.

## ЗАДАЧА 1

### Расчет количества пыли от технологического оборудования

В процессе производства в механическом и деревообрабатывающем цехах, а также на сварочном участке в воздух рабочей зоны выделяются следующие вредные вещества: при обработке чугуна – железная пыль, при обработке бронзы – медная пыль, при обработке древесины – древесные опилки, при сварке – сварочный аэрозоль.

Для очистки воздуха рабочей зоны в механическом и деревообрабатывающем цехах применяются пылегазоуловители – одиночные циклоны типа ЦОЛ со средним коэффициентом очистки  $\eta = 0,9$ ; на участке электродуговой сварки используется только вентиляция без пылегазоуловителей.

Годичный период работы оборудования составляет  $T = 310$  суток, суточный –  $t = 8$  часов.

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблицах 2-5**.

#### Ход расчета:

1. Суммарное количество пыли  $M_M$  (т/год), отходящей от металло-обрабатывающих станков механического цеха:

$$M_M = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot t \cdot \sum_{i=1}^n A_i k_i = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot T \cdot t \cdot (A_1 k_1 + A_2 k_2 + \dots + A_n k_n),$$

где  $A_i$  (г/с) – удельное количество пыли, выделяемое каждым типом станков при механической обработке металла (**Таблица 3**);

$k_i$  (шт.) – количество металлообрабатывающих станков каждого типа (**Таблица 2**).

2. Суммарное количество пыли  $M_d$  (т/год), отходящей от оборудования деревообрабатывающего цеха:

$$M_d = 10^{-3} \cdot T \cdot t \cdot \sum_{i=1}^n D_i k_i = 10^{-3} \cdot T \cdot t \cdot (D_1 k_1 + D_2 k_2 + \dots + D_n k_n),$$

где  $D_i$  (кг/ч) – удельное количество пыли, выделяемое каждым типом станков при обработке древесины (**Таблица 4**);

$k_i$  (шт.) – количество деревообрабатывающих станков каждого типа (**Таблица 2**).

3. Суммарное количество вредных веществ  $M_э$  (т/год), выделяющихся на сварочном участке в процессе ручной электродуговой сварки:

$$M_э = 10^{-6} \sum_{i=1}^n S_i m_i = 10^{-6} (S_1 m_1 + S_2 m_2 + \dots + S_n m_n)$$

где  $S_i$  (г/кг) – удельное количество вредных веществ, выделяемое каждым типом электродов при ручной электродуговой сварке (**Таблица 5**);

$m_i$  (кг) – количество электродов каждого типа (**Таблица 2**).

4. Общее количество вредных веществ  $M_{\text{общ}}^{\text{атм}}$  (т/год), отходящих от технологического оборудования предприятия и выбрасываемых в атмосферу:

$$M_{\text{общ}}^{\text{атм}} = (1 - \eta) M_m + (1 - \eta) M_d + M_э$$

**Таблица 2.** Количество и типы технологического оборудования

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип станков (электродов)	Количество станков (электродов), шт. (кг)									
МЕХАНИЧЕСКИЙ ЦЕХ*										
Круглошлифовальные, $d = 300$ мм	1	-	2	-	-	1	2	1	-	3
Заточные, $d = 400$ мм	-	2	-	-	2	1	1	1	1	-
Полировальные, $d = 200$ мм	3	1	1	2	2	2	-	-	2	-
Токарные	2	3	3	4	2	4	2	5	3	4
Фрезерные	3	1	2	-	3	1	2	-	2	3
Сверлильные	1	2	3	2	1	-	3	1	-	2
Расточные	2	3	2	3	1	3	1	1	2	1
* Четные варианты – обработка чугуна, нечетные – бронзы										
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕХ										
Круглопильные ЦТЭФ Ц-6-2	2	-	3	2	-	3	1	-	4	-
	-	1	-	1	2	-	1	3	-	4
Строгальные СФ-6 СФА-6	2	3	2	4	-	3	-	4	3	4
	1	-	1	-	4	1	3	-	1	1
Ленточные ЛС-80	3	1	-	-	2	1	-	2	1	2
Сверлильные СВА-2	-	2	-	2	-	1	-	2	-	2
Фрезерные ФА-4 ФС-1	1	1	2	3	2	2	1	-	2	-
	-	-	1	-	1	-	2	1	-	-

СВАРОЧНЫЙ УЧАСТОК										
АНО-1	-	20	-	-	30	10	-	25	20	25
АНО-3	25	-	35	10	-	30	15	-	-	-
АНО-5	-	15	-	10	15	-	10	15	10	20
ОЗС-4	30	-	20	-	-	15	-	-	-	-
ОМА-2	-	10	-	25	10	-	30	15	30	15

**Таблица 3.** Удельное выделение пыли  $A_i$  технологическим оборудованием при механической обработке металла

Тип металлообрабатывающих станков	$A_i$ , г/с	
	Чугун	Бронза
Круглошлифовальные, $d = 300$ мм	0,155	0,054
Заточные, $d = 400$ мм	0,182	0,062
Полировальные, $d = 200$ мм	0,080	0,025
Токарные	0,0083	0,0028
Фрезерные	0,0055	0,0019
Сверлильные	0,0011	0,0004
Расточные	0,0028	0,0007

**Таблица 4.** Удельное выделение пыли  $D_i$  технологическим оборудованием при обработке древесины

Тип деревообрабатывающих станков		$D_i$ , кг/ч
Круглопильные	ЦТЭФ	15,7
	Ц-6-2	10,7
Строгальные	СФ-6	18,2
	СФА-6	47,6
Ленточнопильные	ЛС-80	9,8
Сверлильные	СВА-2	2,5
Фрезерные	ФА-4	8,8
	ФС-1	9,5

**Таблица 5.** Удельное выделение вредных веществ  $S_i$  электродами при ручной электродуговой сварке

Тип электродов	$S_i$ , г/кг
АНО-1	7,1
АНО-3	17,0
АНО-5	14,4
ОЗС-4	10,9
ОМА-2	9,2

## ЗАДАЧА 2

### Расчет требуемой высоты трубы

Одним из путей достижения установленных нормативов качества в приземном слое воздуха в районах расположения промышленных предприятий является рассеивание газопылевых смесей, которое осуществляют посредством выброса вредных веществ через высокие трубы. С увеличением высоты трубы эффективность рассеивания увеличивается, а концентрация вредных веществ в приземном слое воздуха снижается.

Расчет требуемой высоты трубы  $H$  (м) производится по формуле:

$$H = \sqrt{\frac{94M}{U \cdot \text{ПДК}}},$$

где  $M$  (г/с) – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

$U$  (м/с) – скорость ветра;

ПДК (мг/м<sup>3</sup>) – максимально разовая предельно допустимая концентрация вредного вещества в приземном слое воздуха.

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблице 6**.

**Таблица 6.**

Вариант	$M$ , г/с	$U$ , м/с	Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
1	1,1	5	Аммиак	0,2
2	2,5	5,5	Ацетон	0,35
3	1,0	10,6	Сероводород	0,008
4	5,6	7,3	Оксид углерода	5
5	8,3	8,2	Серная кислота	0,3
6	3,6	9,1	Оксид хрома	0,0015
7	7,1	1,5	Ксилол	0,2
8	1,9	6,8	Оксид азота	0,4
9	6,5	9,5	Фенол	0,01
10	2,9	12,7	Формальдегид	0,035

## ЗАДАЧА 3

### Расчет предельно допустимого выброса предприятия

Основным производственно-хозяйственным нормативом качества атмосферного воздуха является предельно допустимый выброс (ПДВ). Величина ПДВ определяется индивидуально для каждого химического вещества и каждого источника выбросов.

Исходные данные для расчета ПДВ в атмосферу из единичного источника выброса с круглым устьем содержатся в **Таблице 7**.



Ход расчета:

1. Определение типа выброса:

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

где  $T_{\Gamma}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – температура газопылевого выброса;

$T_{\text{В}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – температура атмосферного воздуха.

Если  $\Delta T > 0$ , то выброс нагретый (далее см. пункт 2); если  $\Delta T = 0$ , то выброс холодный (далее см. пункт 3).

2. Предельно допустимый нагретый выброс ПДВ<sub>н</sub> (г/с):

$$\text{ПДВ}_{\text{н}} = \frac{\text{ПДК} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}$$

3. Предельно допустимый холодный выброс ПДВ<sub>х</sub> (г/с):

$$\text{ПДВ}_{\text{х}} = \frac{8 \cdot \text{ПДК} \cdot H \cdot \sqrt[3]{H \cdot V}}{A \cdot F \cdot n \cdot D}$$

Указания к выполнению расчетов по пунктам 2 или 3:

ПДК ( $\text{мг/м}^3$ ) – максимально разовая предельно допустимая концентрация вещества в приземном слое воздуха (**Таблица 7**);

$H$  (м) – высота источника выброса над уровнем земли (**Таблица 7**);

$A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе. Для Ростовской области коэффициент  $A = 200$ ;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц вредного вещества в атмосферном воздухе,  $F = 1$ ;

$V$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) – объемный расход газопылевой смеси:

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

где  $D$  (м) – диаметр устья источника выброса (**Таблица 7**);

$\omega_0$  (м/с) – средняя скорость выхода газопылевой смеси из устья источника выброса (**Таблица 7**);

$m$ ,  $n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газопылевой смеси из устья источника выброса.

Коэффициент  $m$  определяется в зависимости от безразмерного коэффициента  $f$ :

$$f = \frac{\omega_0^2 \cdot D \cdot 1000}{H^2 \cdot \Delta T},$$
$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}.$$

Коэффициент  $n$  определяется в зависимости от величины безразмерного коэффициента  $v_m$ :

$$v_m = 0.65 \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}},$$

при  $v_m \leq 0,3$   $n = 3$ ,

при  $0,3 < v_m \leq 2$   $n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3)(4,36 - v_m)}$ ,

при  $v_m > 2$   $n = 1$ .

**Таблица 7.**

Вариант	$H$ , м	$D$ , м	$\omega_0$ , г/с	$T_B$ , °C	$T_T$ , °C	Наименование вредного вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
1	15	0,4	10	32	40	ПЫЛЬ	0,5
2	24	0,7	11	30	41	ПЫЛЬ	0,5
3	10	0,8	12	31	31	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3
4	15	1,5	15	33	46	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,3
5	16	0,4	7	24	50	HCl	0,2
6	21	0,5	9	25	62	HCl	0,2
7	30	0,8	10	28	28	NO <sub>2</sub>	0,085
8	45	1,2	15	27	33	NO <sub>2</sub>	0,085
9	15	0,8	10	26	42	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0015
10	45	1,2	12	23	23	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0015

#### ЗАДАЧА 4

##### Расчет выбросов вредных веществ от автотранспорта

Автотранспорт является одним из главных загрязнителей атмосферы – за счет выброса вредных веществ в составе выхлопных газов. Основными компонентами выхлопных газов являются: CO, NO<sub>x</sub> (смесь оксидов азота NO и NO<sub>2</sub>) и углеводороды C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> (несгоревшее топливо). Расчет загрязнения атмосферы в результате работы автотранспорта ведется по перечисленным веществам.

Транспортный парк предприятия укомплектован следующими группами автомобилей: 1 – грузовые автомобили с бензиновым двигателем; 2 – грузовые автомобили с дизельным двигателем; 3 – автобусы с бензиновым двигателем; 4 – автобусы с дизельным двигателем.

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблицах 8-9**.

##### Ход расчета:

1. Количество вредных веществ  $M_i^x$  (т/год), выбрасываемых в атмосферу автомобилями определенной группы, по каждому из основных компонентов:

$$M_i^x = \Pi_i \cdot Y_i \cdot K_i^1 \cdot K_i^2 \cdot N_i \cdot 10^{-6},$$

где  $x = \text{CO}, \text{NO}_x, \text{C}_x\text{H}_y$ ;

$i$  – номер группы автомобилей;

$P_i$  (км/год) – средний пробег одного автомобиля данной группы (**Таблица 8**);

$Y_i$  (г/км) – удельный выброс вредных веществ одним автомобилем данной группы по каждому из основных компонентов на 1 км пробега (**Таблица 9**);

$K_i^1$  – коэффициент влияния среднего возраста автомобилей данной группы на количество выбросов по каждому компоненту (**Таблица 9**);

$K_i^2$  – коэффициент влияния уровня технического состояния автомобилей данной группы на количество выбросов по каждому компоненту (**Таблица 9**);

$N_i$  (ед.) – количество автомобилей данной группы (**Таблица 8**).

2. Суммарное количество вредных веществ  $M_i$  (т/год), поступающих в атмосферу в составе выбросов автомобилей каждой группы:

$$M_i = M_i^{\text{CO}} + M_i^{\text{NO}_x} + M_i^{\text{C}_x\text{H}_y}$$

Результаты проведенных расчетов заносятся в **сводную таблицу**:

Группа автомобилей	CO	NO <sub>x</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	Суммарный выброс по группе автомобилей
<b>1</b>				
<b>2</b>				
<b>3</b>				
<b>4</b>				

**Таблица 8.**

Вариант	Пробег по группам автомобилей $P_i$ , км/год				Количество автомобилей в группе $N_i$ , ед.			
	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>1</b>	15000	33000	16000	19000	2	5	10	3
<b>2</b>	28000	17000	17000	13000	5	1	8	5
<b>3</b>	36000	27000	29000	11000	3	7	4	4
<b>4</b>	29000	18000	12000	18000	15	10	2	6
<b>5</b>	61000	14000	35000	15000	22	8	12	1
<b>6</b>	53000	35000	42000	26000	5	15	11	7
<b>7</b>	29000	23000	26000	27000	30	35	23	17
<b>8</b>	37000	12000	71000	18000	9	9	9	9
<b>9</b>	19000	15000	12000	41000	4	60	2	25
<b>10</b>	48000	41000	26000	15000	14	47	16	2

Таблица 9.

Группа автомобилей	Удельный выброс одним автомобилем на 1 км пробега $Y_i$ , г/км	Коэффициенты влияния	
		$K_i^1$	$K_i^2$
ОКСИД УГЛЕРОДА, CO			
1	55,5	1,33	1,69
2	15,0	1,33	1,80
3	51,5	1,32	1,69
4	15,0	1,27	1,80
ОКСИДЫ АЗОТА, NO <sub>x</sub>			
1	6,8	1,0	0,8
2	8,5	1,0	1,0
3	6,4	1,0	0,8
4	8,5	1,0	1,0
УГЛЕВОДОРОДЫ, C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>			
1	12,0	1,2	1,86
2	6,4	1,2	2,0
3	9,6	1,2	1,86
4	6,4	1,17	1,83

### ЗАДАЧА 5

#### Определение размеров санитарно-защитной зоны предприятия

Меры по защите атмосферного воздуха от промышленных выбросов включают устройство санитарно-защитных зон (СЗЗ), которые представляют собой территорию, отделяющую источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Размер СЗЗ устанавливают в зависимости от класса производства, который определяется степенью вредности и количеством выделяемых предприятием в атмосферу веществ.

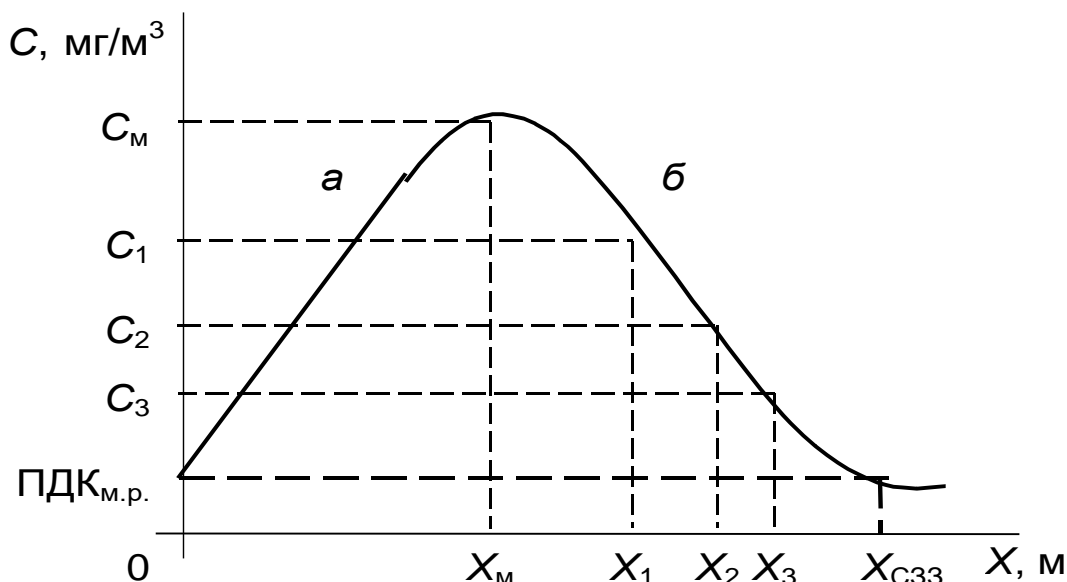
Для определения размера СЗЗ необходимо построить график зависимости

$$C = f(X),$$

где  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) – концентрация вредного вещества;

$X$  (м) – расстояние от источника выброса.

Для построения графика необходимо рассчитать координаты нескольких точек **на ветви б**, то есть определить соответствующие значения  $X_{1...n}$  и  $C_{1...n}$  (см. Рисунок).



Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблице 10**.

Указания к выполнению расчетов:

Значения  $X_{1...n}$  **подбираются произвольно** с учетом того, что  $X_{1...n} > X_M$  (см. **Рисунок** и пример расчета ниже).

Расчет величин  $C_{1...n}$  производится по формуле:

$$C_{1...n} = S \cdot C_M,$$

где  $S$  – безразмерный коэффициент, зависящий от соотношения  $X_{1...n} / X_M$ :

$$\text{при } 1 < X_{1...n} / X_M \leq 8 \quad S = \frac{1,13}{0,13(X_{1...n} / X_M)^2 + 1},$$

$$\text{при } X_{1...n} / X_M > 8 \quad S = \frac{X_{1...n} / X_M}{3,58(X_{1...n} / X_M)^2 - 35,2(X_{1...n} / X_M) + 120}.$$

Пример расчета координат точки ( $X_1$ ;  $C_1$ ):

Из **Таблицы 10** известно, что  $X_M = 100$  м,  $C_M = 0,85$  мг/м³.

Пусть  $X_1 = 200$  м, тогда  $X_1 / X_M = 200 / 100 = 2$ ,

откуда  $S_1 = 1,13 / (0,13 \cdot 4 + 1) = 0,74$ , значит,  $C_1 = 0,74 \cdot 0,85 = 0,63$  мг/м³.

Расчет значений  $C_{1...n}$  ведется до тех пор, пока не будет выполнено условие  $C_n \leq \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$  (см. **Рисунок**).

По найденным в ходе расчета точкам строится график  $C = f(X)$ . Затем на ось ординат наносится значение максимально разовой предельно допустимой концентрации вещества  $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$  (**Таблица 10**) и из этой точки параллельно оси абсцисс проводится прямая до пересечения с **ветвью б** графика (см. **Рисунок**). Из точки пересечения опускается перпендикуляр на ось  $X$ . Полученное таким образом значение  $X_{\text{сзз}}$  и будет являться размером санитарно-защитной зоны предприятия.

Таблица 10.

Вариант	$C_m, \text{мг/м}^3$	$X_m, \text{м}$	Наименование вредного вещества	$\text{ПДК}_{\text{м.р.}}, \text{мг/м}^3$
1	1,0	97	ПЫЛЬ	0,5
2	0,9	145	ПЫЛЬ	0,5
3	1,3	75	ПЫЛЬ	0,5
4	0,04	222	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	0,0015
5	0,49	74	$\text{H}_2\text{SO}_4$	0,3
6	0,05	94	$\text{MnO}_2$	0,01
7	0,54	630	$\text{SO}_2$	0,5
8	0,15	670	$\text{NO}_2$	0,085
9	0,34	60	$\text{HCl}$	0,2
10	0,5	75	$\text{HF}$	0,02

### ЗАДАЧА 6

#### Определение содержания $\text{SO}_2$ в дымовых газах

При сжигании топлива одним из основных продуктов горения является диоксид серы  $\text{SO}_2$ . Присутствие в воздухе больших концентраций диоксида серы приводит к выпадению кислотных дождей – в результате его взаимодействия с водяными парами, поэтому необходимо вести строгий учет количеств  $\text{SO}_2$ , поступающих в атмосферу.

Расчет содержания диоксида серы  $\text{SO}_2$  в дымовых газах  $X$  ( $\text{мг/м}^3$ ) проводится по формуле:

$$X = \frac{2 \cdot A}{V_0} \cdot 1000,$$

где  $V_0$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) – объем образующихся дымовых газов при н.у.;

$A$  ( $\text{г/ч}$ ) – количество серы в сжигаемом топливе:

$$A = \frac{B \cdot C}{100\%} \cdot 1000,$$

где  $B$  ( $\text{кг/ч}$ ) – количество сжигаемого топлива;

$C$  (мас.%) – концентрация серы в топливе.

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в Таблице 11.

Таблица 11.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$B, \text{кг/ч}$	900	800	700	850	750	650	600	550	500	450
$C, \text{мас.}\%$	0,1	0,2	0,15	0,25	0,2	0,3	0,05	0,2	0,15	0,3
$V_0, \text{м}^3/\text{ч}$	20000	10000	9000	15000	9500	7500	10000	12000	15000	9000

## ЗАДАЧА 7

### Расчет основных параметров экологической работы леса

В солнечный день 1 га леса поглощает 240 кг углекислого газа и выделяет около 200 кг кислорода.

За год 1 га леса поглощает около 50 кг пыли, выделяя ценные для человека вещества – фитонциды, способные убивать болезнетворные микробы. За сутки 1 га леса дает 3 кг фитонцидов, а 30 кг фитонцидов достаточно для уничтожения вредных микроорганизмов в большом городе.

В сутки 1 человек при обычных условиях поглощает в среднем 600 г кислорода и выдыхает 750 г углекислого газа.

Необходимо для леса площадью  $X$  (га) рассчитать массу поглощаемого углекислого газа, выделяемых кислорода и фитонцидов за сутки, месяц, год. Какому числу людей хватит выделяемого этим лесом в сутки кислорода?

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблице 12**.

Пример расчета:

Пусть площадь леса равна 10 га.

Тогда лес:

- поглотит углекислого газа:  $240 \text{ кг/га} \cdot 10 \text{ га} = 2400 \text{ кг}$  (2,4 т) в сутки,  
 $2,4 \text{ т} \cdot 30 \text{ дней} = 72 \text{ т}$  в месяц,  
 $2,4 \text{ т} \cdot 365 \text{ дней} = 876 \text{ т}$  в год;

- выделит кислорода:  $200 \text{ кг/га} \cdot 10 \text{ га} = 2000 \text{ кг}$  (2 т) в сутки,  
 $2 \text{ т} \cdot 30 \text{ дней} = 60 \text{ т}$  в месяц,  
 $2 \text{ т} \cdot 365 \text{ дней} = 730 \text{ т}$  в год;

- выделит фитонцидов:  $3 \text{ кг/га} \cdot 10 \text{ га} = 30 \text{ кг}$  в сутки,  
 $30 \text{ кг} \cdot 30 \text{ дней} = 900 \text{ кг}$  в месяц,  
 $30 \text{ кг} \cdot 365 \text{ дней} = 10950 \text{ кг}$  (10,95 т) в год.

Число людей, которым хватит выделенного лесом в сутки кислорода:  
 $2000 \text{ кг} / 0,6 \text{ кг} = 3333 \text{ человека}$ .

**Таблица 12.**

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$X$ , га	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

## ЗАДАЧА 8

### Расчет экологических последствий от разлива нефти

Загрязнение природного водоема нефтепродуктами способствует образованию пленки на поверхности воды, препятствующей ее газообмену с атмосферой, что приводит к нарушению редокс-баланса внутри водоема (кислородному голоданию) и, как следствие, к гибели гидробионтов, водной растительности и микроорганизмов.

При аварии нефтяного танкера 1 тыс. т нефти покрывает площадь в  $20 \text{ км}^2$  ( $A = 20 \text{ км}^2$ ). В результате этого 1 кг нефти закрывает доступ кислорода к  $40 \text{ км}^3$  ( $B = 40 \text{ км}^3$ ) морской воды. Необходимо подсчитать экологические последствия

от разлива нефти в результате аварии танкера, если из пробоины вытекло  $M$  (тыс. т) нефти, и определить, какое количество нефти  $X$  (тыс. т) разложится в естественных условиях через  $N$  недель, если за 1 неделю разлагается половина (0,5) разлитой нефти.

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблице 13**.

Ход расчета:

1. Площадь морской поверхности  $S$  (км<sup>2</sup>), покрывшейся нефтяной пленкой:

$$S = A \cdot M$$

2. Объем воды  $V_{\text{воды}}$  (км<sup>3</sup>), лишенной кислорода:

$$V_{\text{воды}} = B \cdot M$$

3. Количество нефти  $X$  (тыс. т), которое разложится через  $N$  недель:

$$X = M \cdot 0,5 \cdot N$$

**Таблица 13.**

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M$ , тыс. т	15	20	25	30	35	10	45	50	55	60
$N$ , недель	1	2	3	3	3	2	4	5	5	3

## ЗАДАЧА 9

### Расчет концентрации вредного вещества в помещении

Присутствие в воздухе паров серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  способствует разъеданию слизистых оболочек и разрушению легочной ткани у человека и животных.

При транспортировке в помещении произошел разлив серной кислоты. Цех имеет длину  $A$  (м), ширину  $B$  (м) и высоту  $H$  (м). Необходимо рассчитать концентрацию паров серной кислоты в цехе и сравнить ее величину с максимально разовой предельно допустимой концентрацией  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (ПДК<sub>м.р.</sub> = 0,3 мг/м<sup>3</sup>), учитывая, что масса серной кислоты составляет  $M$  (г), а ее испарившаяся часть равна  $\omega$  (%).

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблице 14**.

Ход расчета:

1. Объем помещения (цеха)  $V$  (м<sup>3</sup>):

$$V = A \cdot B \cdot H$$

2. Масса испарившейся серной кислоты  $m$  (г):

$$m = \frac{\omega \cdot M}{100\%}$$



3. Концентрация паров  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в цехе  $C$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ):

$$C = \frac{m \cdot 1000}{V}$$

4. Сравнение фактической и предельно допустимой концентрации паров  $\text{H}_2\text{SO}_4$  производится делением этих величин друг на друга:

$$C / \text{ПДК}_{\text{м.р.}},$$

откуда делается вывод о соответствии содержания паров серной кислоты в воздухе помещения санитарно-гигиеническим нормативам.

**Таблица 14.**

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$M, \text{г}$	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
$A, \text{м}$	9	11	12	13	14	15	16	17	18	19
$B, \text{м}$	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$H, \text{м}$	3	2,5	2,5	2,5	3	3	3	2,5	3	3,5
$\omega, \%$	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,2

### **ЗАДАЧА 10**

#### **Определение концентрации угарного газа в закрытом помещении**

Наличие в воздухе высокой концентрации угарного газа  $\text{CO}$  приводит к кислородному голоданию организма, замедляет рефлексы, вызывает сонливость и может стать причиной потери сознания и смерти.

Водитель в гараже при закрытых воротах решил проверить работу двигателя. Гараж имеет длину  $A$  (м), ширину  $B$  (м) и высоту  $H$  (м). Необходимо рассчитать, через какое количество времени после включения двигателя концентрация угарного газа в гараже станет равной его максимально разовой предельно допустимой концентрации ( $\text{ПДК}_{\text{м.р.}} = 5 \text{ мг}/\text{м}^3$ ), если скорость заполнения гаража угарным газом равна  $Q$  ( $\text{мг}/\text{мин}$ ).

Исходные данные для расчета по вариантам содержатся в **Таблице 15**.

Ход расчета:

1. Объем гаража  $V$  ( $\text{м}^3$ ):

$$V = A \cdot B \cdot H$$

2. Масса выделившегося угарного газа  $m$  (мг), соответствующая заполнению им гаража до уровня  $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ :

$$m = V \cdot \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$$

3. Время  $t$  (мин) с момента включения двигателя, по прошествии которого концентрация угарного газа в гараже становится равной его  $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ :

$$t = m / Q$$

**Таблица 15.**

<b>Вариант</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Q, г/мин</b>	20	25	35	40	45	50	55	60	65	70
<b>A, м</b>	2,5	3	2,5	3	4	4	5	6	6	8
<b>B, м</b>	4	4,5	5	5	6	5	7	5,5	6	7
<b>H, м</b>	2	2	2,5	2,5	2,5	2	2,5	2,5	2,5	3

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Арустамов Э.А. Природопользование. – М.: Издательский Дом «Дашков и К<sup>0</sup>», 2000.
2. Аширов А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. – Л.: Химия, 1983.
3. Боголюбов С.А. Экологическое право. – М.: Издательская группа НОРМА-ИНФРА-М, 1997.
4. Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды. – Пенза: Изд. ПГАСА, 2002.
5. Ветошкин А.Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы). – Пенза: Изд. ПГУ, 2004.
6. Воронков Н.А. Экология общая, социальная, прикладная. – М.: Высшая школа, 1999.
7. Вронский В.А. Прикладная экология. – Ростов-на-Дону: Изд. «Феникс», 1996.
8. Ильичев В.Ю., Гринин А.С. Основы проектирования экобиозащитных систем. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002.
9. Инженерная экология. Под ред. Медведева В.Т. – М.: Гардарики, 2002.
10. Калыгин В.Г. Промышленная экология. – М.: Изд. МНЭПУ, 2000.
11. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов-на-Дону: Изд. «Феникс», 2000.
12. Куражковский Ю.Н. Основы всеобщей экологии. – Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1992.
13. Ливчак И.Ф. Инженерная защита и управление развитием окружающей среды. – М.: Колос, 2001.
14. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология. – М.: Высшая школа, 1996.
15. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек. – М.: Агентство «ФАИР», 1998.
16. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высшая школа, 2002.
17. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Под ред. Порядина А.Ф., Хованского А.Д. – М.: Изд. дом «Прибой», 1996.
18. Очистка технологических газов. Под ред. Семеновой Т.А., Лейтеса И.Л. – М.: Химия, 1977.
19. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания. – М.: Мир, 1994, в 4-х кн.
20. Реймерс Н.Ф. Экология. – М.: Молодая гвардия, 1994.

21. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989.
22. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высшая школа, 1994.
23. Страдницкий Г.В., Родионов А.И. Экология. – СПб.: Химия, 1996.
24. Шилов И.А. Экология. – М.: Высшая школа, 2000.
25. Юшин В.В., Лапин В.Л., Попов В.М., Кукин П.П. и др. Техника и технология защиты воздушной среды. – М.: Высшая школа, 2005.