



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 «ЭКОЛОГИЯ»  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Ростов-на-Дону

2022

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 сокращённой формы обучения по направлению 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств (уровень бакалавриата). – 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,<br>11,<br>21                        | 2,<br>12,<br>22 | 3,<br>13,<br>23 | 4,<br>14,<br>24 | 5,<br>15,<br>25 | 6,<br>16,<br>26 | 7,<br>17,<br>27 | 8,<br>18,<br>28 | 9,<br>19,<br>20  | 10,<br>20,<br>30 |
|  | 2 | 9,<br>20,<br>30                        | 8,<br>19,<br>29 | 7,<br>18,<br>28 | 6,<br>17,<br>27 | 5,<br>16,<br>26 | 4,<br>15,<br>25 | 3,<br>14,<br>24 | 2,<br>13,<br>23 | 1,<br>12,<br>22  | 10,<br>21,<br>5  |
|  | 3 | 2,<br>21,<br>14                        | 3,<br>22,<br>13 | 4,<br>23,<br>14 | 5,<br>24,<br>15 | 6,<br>25,<br>16 | 7,<br>26,<br>17 | 8,<br>27,<br>18 | 9,<br>28,<br>19 | 10,<br>29,<br>7  | 11,<br>22,<br>1  |
|  | 4 | 3,<br>15,<br>20                        | 4,<br>11,<br>8  | 23,<br>1,<br>29 | 9,<br>13,<br>28 | 21,<br>2,<br>17 | 20,<br>1,<br>6  | 27,<br>5,<br>12 | 28,<br>6,<br>3  | 29,<br>13,<br>2  | 30,<br>19,<br>26 |
|  | 5 | 12,<br>8,<br>21                        | 13,<br>9,<br>30 | 14,<br>7,<br>29 | 15,<br>6,<br>28 | 16,<br>1,<br>27 | 17,<br>2,<br>26 | 18,<br>3,<br>25 | 19,<br>2,<br>24 | 20,<br>11,<br>19 | 21,<br>8,<br>13  |
|  | 6 | 4,<br>14,<br>28                        | 3,<br>12,<br>24 | 5,<br>25,<br>3  | 8,<br>16,<br>30 | 9,<br>18,<br>24 | 10,<br>2<br>20  | 1,<br>21,<br>4  | 2,<br>23,<br>15 | 16,<br>22,<br>9  | 15,<br>30<br>22  |
|  | 7 | 7,<br>27,<br>10                        | 6,<br>26,<br>13 | 5,<br>15,<br>8  | 4,<br>24,<br>6  | 3,<br>23,<br>9  | 2,<br>22,<br>1  | 1,<br>21,<br>4  | 30,<br>8,<br>28 | 23,<br>17,<br>25 | 26,<br>10,<br>4  |
|  | 8 | 1,<br>12,<br>25                        | 2,<br>17,<br>23 | 3,<br>23,<br>9  | 4,<br>15,<br>7  | 5,<br>18,<br>20 | 6,<br>29,<br>8  | 7,<br>14,<br>11 | 8,<br>19,<br>24 | 10,<br>24,<br>6  | 11,<br>25,<br>19 |
|  | 9 | 9,<br>17,<br>20                        | 8,<br>13,<br>21 | 7,<br>24,<br>13 | 5,<br>12,<br>28 | 6,<br>23,<br>12 | 8,<br>29,<br>11 | 4,<br>30,<br>21 | 3,<br>25,<br>17 | 21,<br>15,<br>19 | 22,<br>7,<br>16  |

|  |   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |
|--|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
|  | 0 | 1,<br>15,<br>27 | 2,<br>16,<br>24 | 3,<br>17,<br>10 | 4,<br>18,<br>27 | 5,<br>19,<br>30 | 6,<br>20,<br>11 | 7,<br>21,<br>16 | 8,<br>22,<br>17 | 19,<br>23,<br>18 | 18,<br>24,<br>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  $M_3$  (т/год), выделяющихся на сварочном участке в процессе ручной электродуговой сварки:

$$M_3 = 10^{-6} \sum_{i=1}^n S_i m_i = 10^{-6} (S_1 m_1 + S_2 m_2 + \dots + S_n m_n)$$

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:

$$M_{\text{общ}}^{\text{атм}} = (1 - \eta) M_m + (1 - \eta) M_d + M_3$$

**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) |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>МЕХАНИЧЕСКИЙ ЦЕХ*</b>                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| 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 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕХ</b>                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Круглопильные ЦТЭФ                                      | 2   | - | 3 | 2 | - | 3 | 1 | - | 4 | -  |
|   | -   | 1 | - | 1 | 2 | - | 1 | 3 | - | 4  |
| Строгальные СФ-6  | 2   | 3 | 2 | 4 | - | 3 | - | 4 | 3 | 4  |

|                          |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                          | СФА-6 | 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  | 1  | 1  | 2  | 3  | 2  | 2  | 1  | -  | 2  | -  |
|                          | ФС-1  | -  | -  | 1  | -  | 1  | -  | 2  | 1  | -  | -  |
| <b>СВАРОЧНЫЙ УЧАСТОК</b> |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 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> |
|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|------------------------|
| <b>1</b>  | 1,1       | 5         | Аммиак                         | 0,2                    |
| <b>2</b>  | 2,5       | 5,5       | Ацетон                         | 0,35                   |
| <b>3</b>  | 1,0       | 10,6      | Сероводород                    | 0,008                  |
| <b>4</b>  | 5,6       | 7,3       | Оксид углерода                 | 5                      |
| <b>5</b>  | 8,3       | 8,2       | Серная кислота                 | 0,3                    |
| <b>6</b>  | 3,6       | 9,1       | Оксид хрома                    | 0,0015                 |
| <b>7</b>  | 7,1       | 1,5       | Ксилол                         | 0,2                    |
| <b>8</b>  | 1,9       | 6,8       | Оксид азота                    | 0,4                    |
| <b>9</b>  | 6,5       | 9,5       | Фенол                          | 0,01                   |
| <b>10</b> | 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 ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) – 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   | $H, \text{ м}$ | $D, \text{ м}$ | $\omega_0, \text{ г/с}$ | $T_B, \text{ }^\circ\text{C}$ | $T_G, \text{ }^\circ\text{C}$ | Наименование вредного вещества | ПДК, мг/м <sup>3</sup> |
|-----------|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| <b>1</b>  | 15             | 0,4            | 10                      | 32                            | 40                            | ПЫЛЬ                           | 0,5                    |
| <b>2</b>  | 24             | 0,7            | 11                      | 30                            | 41                            | ПЫЛЬ                           | 0,5                    |
| <b>3</b>  | 10             | 0,8            | 12                      | 31                            | 31                            | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 0,3                    |
| <b>4</b>  | 15             | 1,5            | 15                      | 33                            | 46                            | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 0,3                    |
| <b>5</b>  | 16             | 0,4            | 7                       | 24                            | 50                            | HCl                            | 0,2                    |
| <b>6</b>  | 21             | 0,5            | 9                       | 25                            | 62                            | HCl                            | 0,2                    |
| <b>7</b>  | 30             | 0,8            | 10                      | 28                            | 28                            | NO <sub>2</sub>                | 0,085                  |
| <b>8</b>  | 45             | 1,2            | 15                      | 27                            | 33                            | NO <sub>2</sub>                | 0,085                  |
| <b>9</b>  | 15             | 0,8            | 10                      | 26                            | 42                            | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,0015                 |
| <b>10</b> | 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:

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

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 |
|--------------------|----|-----------------|-------------------------------|--|
| 1                  |    |                 |                               |  |
| 2                  |    |                 |                               |  |
| 3                  |    |                 |                               |  |
| 4                  |    |                 |                               |  |

**Таблица 8.**

| Вариант | Пробег по группам автомобилей<br>$P_i$ , км/год |       |       |       | Количество автомобилей в группе $N_i$ , ед. |    |    |   |
|---------|---|-------|-------|-------|---|----|----|---|
|         | 1   | 2     | 3     | 4     | 1   | 2  | 3  | 4 |
| 1       | 15000   | 33000 | 16000 | 19000 | 2   | 5  | 10 | 3 |
| 2       | 28000   | 17000 | 17000 | 13000 | 5   | 1  | 8  | 5 |
| 3       | 36000   | 27000 | 29000 | 11000 | 3   | 7  | 4  | 4 |
| 4       | 29000   | 18000 | 12000 | 18000 | 15  | 10 | 2  | 6 |
| 5       | 61000   | 14000 | 35000 | 15000 | 22  | 8  | 12 | 1 |
| 6       | 53000   | 35000 | 42000 | 26000 | 5   | 15 | 11 | 7 |

|    |       |       |       |       |    |    |    |    |
|----|-------|-------|-------|-------|----|----|----|----|
| 7  | 29000 | 23000 | 26000 | 27000 | 30 | 35 | 23 | 17 |
| 8  | 37000 | 12000 | 71000 | 18000 | 9  | 9  | 9  | 9  |
| 9  | 19000 | 15000 | 12000 | 41000 | 4  | 60 | 2  | 25 |
| 10 | 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 |         |
|---|--|----------------------|---------|
|   |  | $K_i^1$              | $K_i^2$ |
| <b>ОКСИД УГЛЕРОДА, CO</b>                       |  |                      |         |
| 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    |
| <b>ОКСИДЫ АЗОТА, NO<sub>x</sub></b>             |  |                      |         |
| 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     |
| <b>УГЛЕВОДОРОДЫ, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub></b> |  |                      |         |
| 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.

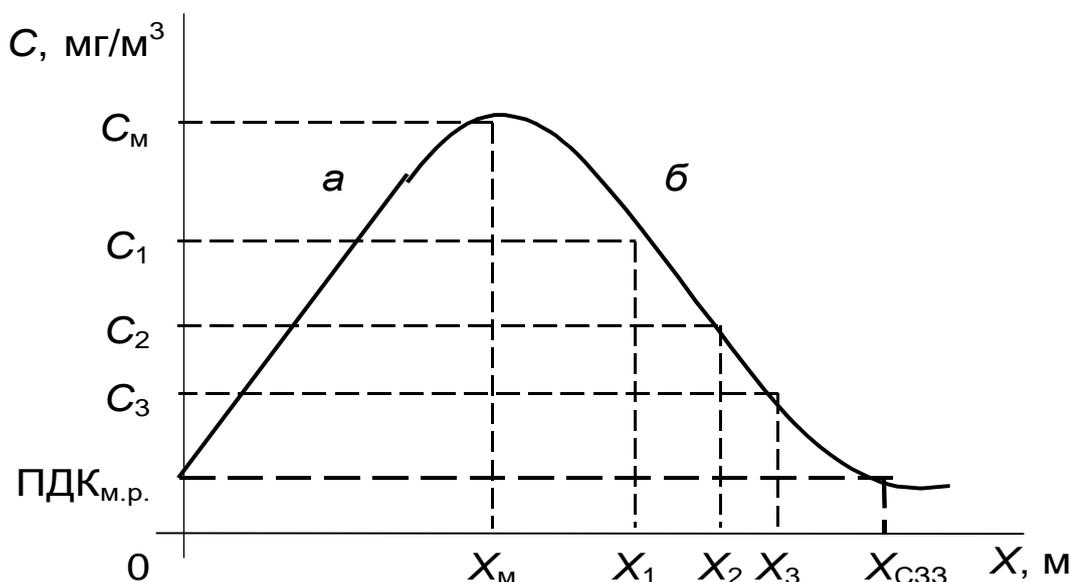
Для определения размера СЗЗ необходимо построить график зависимости

$$C = f(X),$$

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/м<sup>3</sup>.

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/м<sup>3</sup>.

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  $X_{СЗЗ}$  и будет являться размером санитарно-защитной зоны предприятия.

**Таблица 10.**

| Вариант   | $C_m, \text{мг/м}^3$ | $X_m, \text{м}$ | Наименование вредного вещества | ПДК <sub>м.р.</sub> , $\text{мг/м}^3$ |
|-----------|----------------------|-----------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| <b>1</b>  | 1,0                  | 97              | ПЫЛЬ                           | 0,5                                   |
| <b>2</b>  | 0,9                  | 145             | ПЫЛЬ                           | 0,5                                   |
| <b>3</b>  | 1,3                  | 75              | ПЫЛЬ                           | 0,5                                   |
| <b>4</b>  | 0,04                 | 222             | $\text{Cr}_2\text{O}_3$        | 0,0015                                |
| <b>5</b>  | 0,49                 | 74              | $\text{H}_2\text{SO}_4$        | 0,3                                   |
| <b>6</b>  | 0,05                 | 94              | $\text{MnO}_2$                 | 0,01                                  |
| <b>7</b>  | 0,54                 | 630             | $\text{SO}_2$                  | 0,5                                   |
| <b>8</b>  | 0,15                 | 670             | $\text{NO}_2$                  | 0,085                                 |
| <b>9</b>  | 0,34                 | 60              | $\text{HCl}$                   | 0,2                                   |
| <b>10</b> | 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 | <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><i>B</i>, кг/ч</b>                        | 900   | 800   | 700  | 850   | 750  | 650  | 600   | 550   | 500   | 450  |
| <b><i>C</i>, мас.%</b>                       | 0,1   | 0,2   | 0,15 | 0,25  | 0,2  | 0,3  | 0,05  | 0,2   | 0,15  | 0,3  |
| <b><i>V</i><sub>0</sub>, м<sup>3</sup>/ч</b> | 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.**

| <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><i>X</i>, га</b> | 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 (кислород-

ному 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  $S$  ( $\text{км}^2$ ), покрывшейся нефтяной пленкой:

$$S = A \cdot M$$

2. Объем воды  $V_{\text{воды}}$  ( $\text{км}^3$ ), 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  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\text{ПДК}_{\text{м.р.}} = 0,3 \text{ мг/м}^3$ ), 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)  $V$  ( $\text{м}^3$ ):

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

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

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

3. Концентрация паров  $H_2SO_4$  в цехе  $C$  (мг/м<sup>3</sup>):

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

4. Сравнение фактической и предельно допустимой концентрации паров  $H_2SO_4$  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  $CO$  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 ( $\text{ПДК}_{\text{м.р.}} = 5 \text{ мг/м}^3$ ), если скорость заполнения гаража угарным газом равна  $Q$  (мг/мин).

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

#### Ход расчета:

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

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

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 ПДК<sub>м.р.</sub>:

$$t = m / Q$$

**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.