

## Практическая работа

### Тема: «Расчеты выбросов тяжелых металлов в атмосферу и максимальной приземной концентрации вредных веществ при выбросе нагретой воздушной смеси из одного источника».

**Цель работы:** освоение метода расчета выбросов тяжелых металлов в атмосферу от ТЭЦ и мусоросжигательных заводов; знакомство с методикой расчета максимальной приземной концентрации вредных веществ при выбросе нагретой воздушной смеси из одного источника; закрепления знаний, полученных на лекциях курса «Экология».

#### Методические указания к выполнению работы.

Один из распространенных видов загрязнения окружающей среды является поступление в различные среды тяжелых металлов (ТМ) - большой группы химических элементов с атомным весом более 50 (Hg, Pb, W, Sn, Cd, Mo, Cu, Co, Mn, Cr и др.). Тяжелые металлы, загрязняющие почву, могут поглощаться растениями и по пищевой цепи попадать в организмы животных и человека. Следует отметить, что ТМ могут являться причиной заболеваний человека. Среди них сердечно-сосудистые расстройства, тяжелые формы аллергии. Они являются генетическими ядами, поскольку аккумулируются в организме с отдаленным эффектом действия. К основным источникам эмиссии ТМ в окружающую среду относят: ТЭЦ, автомобильный транспорт, производство удобрений, целлюлозно-бумажная промышленность, производство стали и т.д.

Количество токсикантов при сжигании угля на ТЭЦ рассчитывается по формуле:

$$M_{1i} = 30q_{1i}m_1t \quad (1.1)$$

где  $q_{1i}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг топлива;

$m_1$  - расход угля на ТЭЦ, т/сут;

$t$  - расчетный период, мес.

Количество токсикантов при работе мусоросжигательного завода рассчитывается по формуле:

$$M_{2i} = 30q_{2i}m_2t \quad (1.2)$$

где  $q_{2i}$  – удельный выброс  $i$ -го металла, мг/кг топлива;

$m_2$  - масса сжигаемого мусора, т/сут;

$t$  - расчетный период, мес.

Максимальная приземная концентрация вредных веществ  $C_m$  для выброса нагретой газовой воздушной смеси из одиночного источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях рассчитывается по формуле:

$$C_{mi} = AMFmnG \quad (1.3)$$

$A$  - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферный воздух  $C^{2/3} * \text{мг} * \text{град}^{1/3}$ ;

$M$  – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с;

$F$  – безразмерный коэффициент учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

$m$  и  $n$  – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой воздушной смеси из устья источника выброса. Коэффициент  $n$  принимается равным - 1; коэффициент  $m$  принимается равным - 0,071

$$G = \frac{1}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} \quad (1.4)$$

$H$  – высота источника выброса над уровнем земли, м;

$\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой воздушной смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха;

$V_1$  – объем газовой воздушной смеси, м<sup>3</sup>/с, определяемый по формуле:

$$V_{i1} = \frac{pD^2}{4} w_0$$

$W_0$  - средняя скорость выхода газо-воздушной смеси из устья источника выброса, м/с;

$D$  - диаметр устья источника выброса, м.

Наибольшая концентрация вредного вещества не должна превышать максимально разовой предельно допустимой концентрации данного вредного вещества в атмосферном воздухе:

$$C_m \leq ПДК_{м.р.} \quad (1.5)$$

Сравнивая значения приземной концентрации отдельных тяжелых металлов с  $ПДК_{м.р.}$  сделайте вывод о соблюдении данного санитарно-гигиенического норматива.

### Задание.

1. Используя исходные данные, оцените суммарную эмиссию токсикантов по трем классам опасности за расчетный период (при этом необходимо учитывать единицы измерений) образующихся при сжигании угля на ТЭЦ и мусора на мусоросжигательном заводе.

Таблица 1.

Классы опасности различных химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов и отходов

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

2. Используя исходные данные, рассчитайте максимальную приземную концентрацию вредных веществ при выбросе нагретой воздушной смеси из одной трубы мусоросжигательного завода.

Таблица 2. Исходные данные.

| № ва р. | Расчетный период, t мес.                                      | Расход угля на ТЭЦ, $m_1$ тыс. т/сут.  | Масса сжигаемого мусора, $m_2$ , т/сут. | Безразмерный коэффициент, F      | Диаметр устья источника выброса, D, м |
|---------|---|--|---|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1       | 9   | 8                                      | 1,6                                     | 2                                | 0,45                                  |
| 2       | 8   | 7,5                                    | 1,7                                     | 2,5                              | 0,5                                   |
| 3       | 7   | 6                                      | 1,8                                     | 3                                | 0,55                                  |
| 4       | 6   | 5,5                                    | 1,9                                     | 2                                | 0,6                                   |
| 5       | 5   | 5                                      | 2                                       | 2,5                              | 0,65                                  |
| 6       | 6   | 5,5                                    | 2,1                                     | 3                                | 0,7                                   |
| 7       | 7   | 6                                      | 2,2                                     | 2                                | 0,75                                  |
| 8       | 8   | 7                                      | 2,3                                     | 2,5                              | 0,8                                   |
| 9       | 9   | 8                                      | 2,4                                     | 3                                | 0,85                                  |
| 10      | 6   | 9                                      | 2,5                                     | 2                                | 0,9                                   |
| №.      | Количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с | Средняя скорость выхода газо-воздушной | Температура выбрасываемой газо-         | Температура окружающего атмосфер | Высота источника выброса над          |

|    | Кадмий | свинец | ртуть  | медь   | смеси из устья источника выброса, $W_0$ , м/с | воздушной смеси, $T_1$ град. | ного воздуха, $T_2$ , град. | уровнем земли, Н, м |
|----|--------|--------|--------|--------|---|------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 1  | 0,0065 | 0,015  | 0,001  | 0,0067 | 1,5   | 120                          | 24                          | 20                  |
| 2  | 0,009  | 0,021  | 0,002  | 0,0087 | 2,1   | 110                          | 22                          | 21                  |
| 3  | 0,008  | 0,03   | 0,0012 | 0,0084 | 2,2   | 105                          | 21                          | 22                  |
| 4  | 0,0075 | 0,027  | 0,0011 | 0,0083 | 2,3   | 102                          | 18                          | 23                  |
| 5  | 0,0082 | 0,02   | 0,0013 | 0,0082 | 2,4   | 100                          | 17                          | 24                  |
| 6  | 0,0083 | 0,04   | 0,0014 | 0,0079 | 2,5   | 97                           | 16                          | 25                  |
| 7  | 0,0091 | 0,22   | 0,0009 | 0,0064 | 2,6   | 96                           | 14                          | 26                  |
| 8  | 0,01   | 0,018  | 0,0007 | 0,0035 | 2,9   | 94                           | 12                          | 27                  |
| 9  | 0,12   | 0,016  | 0,0018 | 0,0049 | 3   | 90                           | 10                          | 28                  |
| 10 | 0,073  | 0,019  | 0,0019 | 0,0054 | 3,2   | 86                           | 9                           | 29                  |

Таблица 3. Значение коэффициента А ( $C^{2/3} * мг * град^{1/3}$ )

| Регион   | Значение коэффициента | Вариант |
|--|-----------------------|---------|
| Субтропические зоны Средней Азии   | 240                   | 1,2     |
| Нижнее Поволжье, Кавказ, Сибирь, Дальний Восток                            | 200                   | 3,4     |
| Север и Северо-Запад европейской территории России, Среднее Поволжье, Урал | 160                   | 5,6,7,8 |
| Центральная часть европейской территории РФ                                | 120                   | 9,10    |

Таблица 4. Удельный выброс тяжелых металлов с золой при сжигании угля на ТЭЦ и мусора на мусоросжигательном заводе, мг/кг топлива

| № вар. | Мышьяк | Барий | Бериллий | Кадмий  | Хром  | Кобальт | Источник выбросов        |
|--------|--------|-------|----------|---------|-------|---------|--------------------------|
| 1      | 180    | 2100  | 4        | 500     | 650   | 140     | ТЭЦ                      |
| 2      | 490    | 1900  | 30       | 30      | 370   | 40      | Мусоросжигательный завод |
| 3      | 160    | 1700  | 3        | 350     | 450   | 100     | ТЭЦ                      |
| 4      | 390    | 1600  | 25       | 20      | 270   | 30      | Мусоросжигательный завод |
| 5      | 200    | 2300  | 8        | 600     | 750   | 200     | ТЭЦ                      |
| 6      | 520    | 2000  | 42       | 40      | 425   | 60      | Мусоросжигательный завод |
| 7      | 170    | 2000  | 3        | 490     | 640   | 120     | ТЭЦ                      |
| 8      | 480    | 1800  | 29       | 20      | 360   | 30      | Мусоросжигательный завод |
| 9      | 150    | 2000  | 6        | 700     | 480   | 125     | ТЭЦ                      |
| 10     | 350    | 1600  | 36       | 20      | 350   | 36      | Мусоросжигательный завод |
| № вар. | Свинец | Ртуть | Стронций | Ванадий | Цинк  | Медь    | Источник выбросов        |
| 1      | 20000  | 130   | 290      | 160     | 48000 | 1450    | ТЭЦ                      |
| 2      | 2100   | 5     | 1800     | 850     | 2800  | 300     | Мусоросжигательный завод |

|    |       |     |      |      |       |      |                          |
|----|-------|-----|------|------|-------|------|--------------------------|
| 3  | 18000 | 100 | 190  | 140  | 38000 | 1200 | ТЭЦ                      |
| 4  | 2000  | 3   | 1200 | 650  | 1950  | 200  | Мусоросжигательный завод |
| 5  | 22020 | 141 | 300  | 180  | 49000 | 1505 | ТЭЦ                      |
| 6  | 2350  | 8   | 2000 | 890  | 3000  | 400  | Мусоросжигательный завод |
| 7  | 19000 | 120 | 280  | 140  | 47500 | 1260 | ТЭЦ                      |
| 8  | 2000  | 4   | 1700 | 830  | 2650  | 280  | Мусоросжигательный завод |
| 9  | 20500 | 120 | 260  | 200  | 46000 | 1500 | ТЭЦ                      |
| 10 | 2050  | 6   | 1700 | 1000 | 2500  | 240  | Мусоросжигательный завод |

#### Оформление отчета

В пояснительной записке необходимо:

1. Привести расчетные формулы.
2. Рассчитать количество выбросов тяжелых металлов ТЭЦ и мусоросжигательного завода, а также максимальную приземную концентрацию вредных веществ при выбросе нагретой воздушной смеси из трубы мусоросжигательного завода.
3. Сделать вывод о соответствии максимальной приземной концентрации ПДК<sub>м.р.</sub>.

#### Тема: «Очистка сточных вод».

**Цель работы:** научиться рассчитывать эффективность очистки сточных вод по различным загрязняющим веществам; познакомиться с принципами очистки сточных вод и основными примерами их конструктивной реализации; сформировать представления о структуре и составе сточных вод промышленных предприятий.

#### Методические указания к выполнению работы.

Очистка сточных вод – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ. Одно из важных мероприятий охраны природы и окружающей среды от загрязнения. Производится разными способами: механическим (отстаивание, фильтрация, флотация), физико-химическими (коагуляцией, нейтрализацией, обработка хлором и т.д.) и биологическими (на полях орошения, в биофильтрах и т.д.). Выбор метода и соответствующего оборудования определяется характеристиками загрязнений, их концентрацией, физическими и химическими свойствами, а также требованиями эффективности очистки сбросов.

Глубина очистки сточных вод очистными сооружениями и вынос примесей в водные объекты устанавливаются на основе нормативов предельно допустимых сбросов (ПДС) и временно согласованных сбросов (ВСС).

Показателями качества воды – несущей среды сбросов – являются значения концентраций в ней вредных веществ  $c_i$ . Необходимая эффективность очистки  $\eta_i$  сточных вод (отходящих газов) от  $i$ -го загрязняющего вещества определяется по формуле:

$$h_1 = \frac{C_{cm} - C_{oc}}{C_{cm}} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

где  $C_{ст}$  – концентрация вещества в сточной воде поступающей на очистку, мг/л;

$C_{oc}$  – концентрация загрязняющего вещества на выходе из устройства, разрешенный к сбросу в водный объект, мг/л.

$$C_{oc} = r \left( \frac{g \cdot Q}{q} + 1 \right) + C_{\phi} \quad (1.2)$$

где  $r$  – разрешенное увеличение содержания загрязняющего вещества в воде водного объекта в расчетном створе;

$Q$  – расход водотока, м<sup>3</sup>/с;

$q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;

$\gamma$  – коэффициент смешения для рассматриваемого участка водоема;

$C_{\phi}$  - концентрация веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, мг/л.

Эффективность очистки имеет, по существу, смысл коэффициента полезного действия (КПД) соответствующего устройства. Вследствие большого разнообразия свойств примесей (например, их фазового состояния, фракционного состава, температуры и др.) в потоке сточных вод решить задачу приемлемой очистки в каком-либо одном устройстве практически невозможно. Отмеченное определяет необходимость применения системы  $n$  последовательно соединенных аппаратов, которая дает общую эффективность по  $i$ -й примеси:

$$\eta_i = 1 - (1 - \eta_{i1}) \cdot (1 - \eta_{i2}) \cdot \dots \cdot (1 - \eta_{in}), \quad (1.3)$$

где  $\eta_{ij}$  – эффективность очистки от  $i$ -й примеси в  $j$ -м устройстве.

Конструктивные решения устройств очистки весьма разнообразны, однако, заложенных в них принципов вывода загрязняющих веществ немного: гравитационное осаждение (отстаивание), фильтрование, флотация, инерционное разделение, биологическая очистка и ряд других. В данной работе рассмотрим технические устройства, действие которых основано на реализации флотации, инерционного разделения, биологической очистке. В сложных системах очистки сточных вод эти устройства могут выступать в качестве отдельных элементов.

### Задание.

1. Произвести расчет необходимой эффективности очистки сточных вод от загрязняющих веществ (представленных в таблице №2) сбрасываемых предприятием в р. М.Черемшан, учитывая назначение водного объекта, в который предполагается осуществлять сброс очищенных вод, а также используя характеристики водного объекта необходимые для расчетов по варианту из таблицы №1.

2. На основе произведенных расчетов для каждого вещества предложить очистное сооружение из представленных в таблице №3, либо их комбинацию (используя формулу 1.3), обеспечивающих необходимую степень очистки.

Таблица №1.

| №  | $Q$ м <sup>3</sup> /с | $q$ м <sup>3</sup> /с | $\gamma$ | Назначение водного объекта |
|----|-----------------------|-----------------------|----------|----------------------------|
| 1  | 35                    | 0,6                   | 0,73     | Рыбохозяйственное          |
| 2  | 30                    | 0,5                   | 0,66     | Рыбохозяйственное          |
| 3  | 31                    | 0,65                  | 0,65     | Рыбохозяйственное          |
| 4  | 32                    | 0,75                  | 0,68     | Рыбохозяйственное          |
| 5  | 33                    | 0,8                   | 0,67     | Рыбохозяйственное          |
| 6  | 34                    | 0,45                  | 0,68     | Рыбохозяйственное          |
| 7  | 36                    | 0,65                  | 0,69     | Рыбохозяйственное          |
| 8  | 29                    | 0,55                  | 0,70     | Рыбохозяйственное          |
| 9  | 37                    | 0,4                   | 0,71     | Рыбохозяйственное          |
| 10 | 28                    | 0,7                   | 0,72     | Рыбохозяйственное          |
| 1  | 35                    | 0,6                   | 0,73     | Хозяйственно-питьевое      |
| 2  | 30                    | 0,5                   | 0,66     | Хозяйственно-питьевое      |
| 3  | 31                    | 0,65                  | 0,65     | Хозяйственно-питьевое      |
| 4  | 32                    | 0,75                  | 0,68     | Хозяйственно-питьевое      |
| 5  | 33                    | 0,8                   | 0,67     | Хозяйственно-питьевое      |
| 6  | 34                    | 0,45                  | 0,68     | Хозяйственно-питьевое      |
| 7  | 36                    | 0,65                  | 0,69     | Хозяйственно-питьевое      |
| 8  | 29                    | 0,6                   | 0,70     | Хозяйственно-питьевое      |
| 9  | 37                    | 0,5                   | 0,71     | Хозяйственно-питьевое      |
| 10 | 28                    | 0,4                   | 0,72     | Хозяйственно-питьевое      |

Таблица №2.

| Наименование ингредиента | Разрешенное увеличение содержания загрязняющего вещества в воде водного | $C_{ст}$ , концентрация | $C_{\phi}$ , концентрация |
|--------------------------|---|-------------------------|---------------------------|
|--------------------------|---|-------------------------|---------------------------|

|                       | объекта в расчетном створе.  |                                  | веществ,<br>поступающая<br>на очистку,<br>мг/л | веществ в воде<br>водного<br>объекта до<br>сброса сточных<br>вод, мг/л |
|-----------------------|--|----------------------------------|--|--|
|                       | Хозяйственно-<br>питьевого и<br>коммунально-<br>бытового<br>назначения | Рыбохозяйственного<br>назначения |  |  |
| Взвешенных<br>веществ | 0,25   | 2                                | 250  | 3  |
| Медь                  | 0,05   | 0,03                             | 12,5   | 0,02   |
| Нефтепродукты         | 0,05   | 0,03                             | 12,1   | 0,09   |
| Фенолы                | 0,0008   | 0,0009                           | 4,95   | 0,01   |
| Цинк                  | 0,8  | 0,01                             | 79,5   | 1,2  |
| Свинец                | 0,05   | 0,05                             | 9,8  | 0,1  |
| Кадмий                | 0,005  | 0,002                            | 14,5   | 0,007  |
| Мышьяк                | 0,009  | 0,009                            | 7,9  | 0,005  |
| Сероуглерод           | 0,8  | 0,8                              | 67   | 0,9  |

Таблица 3.

| Наименование<br>технического<br>средства очистки | Используемый<br>принцип   | Удаляемые<br>Загрязнители             | Эффективность |
|--|---------------------------|---------------------------------------|---------------|
| Флотатор   | Флотация                  | Нефтепродукты, ПАВ                    | до 0,99       |
|  |                           | Взвешенные<br>вещества                | 0,95 - 0,99   |
|  |                           | Фенолы                                | 0,25 - 0,65   |
|  |                           | Азот аммонийный                       | до 0,25       |
|  |                           | Фосфаты, медь,<br>мышьяк, сероуглерод | до 0,65       |
|  |                           | Железо, кадмий,<br>цинк, свинец       | до 0,7        |
| Гидроциклон                                      | Инерционное<br>разделение | Нефтепродукты                         | до 0,5        |
|  |                           | Взвешенные<br>вещества                | до 0,7        |
|  |                           | Мышьяк, сероуглерод                   | 0,6           |
|  |                           | Медь, цинк, свинец,<br>кадмий         | 0,56          |
| Установка<br>биологической<br>очистки            | Биологическая<br>очистка  | Нефтепродукты                         | до 0,999      |
|  |                           | Взвешенные<br>вещества, цинк          | до 0,6        |
|  |                           | Кадмий                                | до 0,5        |
|  |                           | Медь                                  | 0,65          |
|  |                           | Мышьяк, свинец                        | 0,4           |
|  |                           | Фенолы                                | до 0,8        |
|  |                           | Азот аммонийный                       | До 0,35       |