## *ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1*
## *«ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА»*

### 1.1. Цель и задачи

*Цель* – закрепление теоретических знаний по курсу «Оценка воздействия на окружающую среду» и получение практических навыков обработки аналитических данных для оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха.

*Задачи работы:*

1. Проработка теоретического материала для получения информации о загрязнителях атмосферы и об источниках их поступления; о критериях оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха.
2. Изучение и расчет показателей оценки загрязненности атмосферного воздуха различными примесями.

Материал по данной теме предлагается для решения в виде задач, составленных на основе реальных данных по объемам выбросов загрязняющих веществ в атмосферу урбанизированных территорий России из различных литературных источников.

### 1.2. Схема выполнения работы

1. Изучить литературные источники для получения информации о методах расчета индекса загрязнения атмосферы.
2. На основе экспериментальных данных об объемах выбросов в атмосферу определить уровень загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных районов.

**На первом этапе** проводится знакомство с методами расчета индекса загрязнения атмосферы. Агрегированные показатели уровня загрязнения отдельных компонентов окружающей среды разрабатываются в России и зарубежом достаточно давно. На практике такие показатели позволяют выделить объекты, в первую очередь требующие проведения мероприятий по охране атмосферного воздуха.

Наблюдения за состоянием атмосферы ведутся с помощью сети постов, расположенных на территории страны. В течение суток данные (метеопоказатели, а также значения концентрации различных компонентов) регистрируются на постах наблюдения, затем обрабатываются: определяются средние, максимальные и минимальные значения за определённый период (сутки, месяц и т.д.) или на определенной территории (города, района).

В России для оценки степени загрязнения атмосферы средние (максимальные) концентрации веществ нормируются на соответствующую

величину для большого региона или на санитарно-гигиенический норматив – предельно допустимую концентрацию (ПДК).

Нормированные характеристики загрязнения атмосферы иногда называют **index of atmosphere pollution (IAP)** индексом загрязнения атмосферы (ИЗА). Показатель ИЗА может применяться для установления взаимосвязей между изменением состояния атмосферного воздуха и состояния здоровья населения на исследуемой территории, а также зависимостей между динамикой производства и состоянием атмосферы.

**Индекс загрязнения атмосферы можно разделить на две основные группы** (Руководство…, 1991)**:**

**1.** ***Единичные индексы загрязнения атмосферы одной примесью*:**

**1)** *коэффициент* для выражения концентрации примесей в единицах ПДК – значения максимальной или средней концентрации ($C_i$), приведенные к ПДК:

$$K_i = \frac{C_i}{(ПДК)_i} \qquad (1.2.1)$$

**2)** *повторяемость концентраций примеси* в воздухе выше заданного уровня по посту либо по постам города за год – повторяемость (%) случаев превышения заданного уровня разовым значениям концентрации примеси;

**3)** *индекс загрязнения атмосферы отдельной примесью* – количественная характеристика уровня загрязнения атмосферы, учитывающая различия в скорости возрастания степени вредности веществ, приведенной к вредности диоксида серы, по мере увеличения превышения ПДК:

$$I_i = \left( \frac{Q_г}{ПДК_{с.с}} \right)_i^{c_i} \text{ или } I_i = \left( \frac{\bar{q}_г}{ПДК_{с.с}} \right)_i^{c_i} \qquad (1.2.2)$$

где ***i*** – примесь; $\boldsymbol{Q_г}$ – среднегодовая концентрация примеси для города (района) (среднеарифметическое значение среднегодовых концентраций примесей по постам города); $\boldsymbol{q_г}$ – среднегодовая концентрация примеси (среднеарифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, измеренных в течение года); $\boldsymbol{ПДК_{с.с.}}$ – среднесуточная ПДК ***i***-го вещества; $\boldsymbol{c_i}$ – константа, принимающая значения 1,7; 1,3; 1,0 и 0,9 соответственно для 1, 2, 3 и 4 классов опасности веществ, позволяющая привести степень вредности ***i***-го вещества к степени вредности диоксида серы.

**2.** ***Комплексные показатели загрязнения атмосферы несколькими веществами.***

Показатели позволяют получить интегральную оценку состояния атмосферного воздуха, на основе которой возможны сопоставления уровня загрязненности нескольких населенных пунктов, оценка изменения состояния атмосферы для одного и того же населенного пункта в динамике.

При ранжировании городов и регионов по уровню загрязнения атмосферы для расчета комплексного ИЗА используют значения единичных индексов тех пяти веществ, у которых эти значения наибольшие. В большинстве регионов России к ним относятся оксиды азота, диоксид серы, бенз(а)пирен, озон, формальдегид, фенолы, свинец, пыль и др. Особый вклад в загрязнение вносят взвешенные вещества, которые могут не только представлять собой токсичные соединения, но и адсорбировать на своей поверхности другие токсичные вещества, в т.ч. ксенобиотики, пыли биогенного происхождения, патогенные микроорганизмы, тем самым способствуя вторичному загрязнению атмосферного воздуха.

К комплексным показателям загрязнения атмосферы относятся:

**1)** *комплексный индекс загрязнения атмосферы (**КИЗА**)* – количественная характеристика уровня загрязнения атмосферы, создаваемого ***n*** веществами, присутствующими в атмосфере города:

$$I_n = \sum_{i=1}^{n} I_i \qquad (1.2.3)$$

где ***i*** – примесь; ***n*** – количество рассматриваемых примесей; $I_i$ – индекс загрязнения атмосферы отдельной примесью;

**2)** *комплексный показатель загрязнения атмосферы приоритетными **l** веществами,* определяющими состояние загрязнения атмосферы в городе:

$$I_l = \sum_{i=1}^{l} I_i \qquad (1.2.4)$$

где ***l*** – совокупность приоритетных веществ-загрязнителей, типичных для характера загрязнения атмосферного воздуха города; $I_i$ – индекс загрязнения атмосферы отдельной примесью.

При расчете комплексного показателя загрязнения атмосферы, как правило, используют данные по основным 5-ти веществам, которые вносят максимальный вклад в уровень загрязнения атмосферного воздуха на территории рассматриваемого города.

Таким образом, по значению $I_l$ (при $l$=5) устанавливаются следующие уровни загрязнения атмосферного воздуха города:

≤ 5 – ниже среднего;
5–8 – примерно равен среднему;
8–15 – выше среднего;
> 15 – значительно выше среднего.

**3)** в качестве комплексной характеристики состояния атмосферного воздуха используется *индекс загрязнения атмосферы*:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^{n} \left( \frac{C_i}{ПДК_i} \right) \cdot K_i \qquad (1.2.5)$$

где $C_i$ – содержание вещества; $ПДК_i$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация $i$-го вещества; $K_i$ – коэффициент, учитывающий класс опасности вещества.

При этом вещества-загрязнители, находящиеся в составе атмосферного воздуха подразделяются на 4 класса опасности:

I – чрезвычайно опасные;
II – высокоопасные;
III – умеренно опасные;
IV – малоопасные.

Степень опасности вещества, на основе которой выбирается показатель $K_i$, стандартизируется по «эталонному» классу опасности. *В качестве эталона в методике выбран III класс.* Для оценки стандартизированных уровней загрязнения по классам используются следующие уравнения:

(I) $Ki, = 4 \cdot x_1 - 3$

(II) $Ki, = 1{,}5 \cdot x_2 - 0{,}5$ (1.2.6)

(III) $Ki, = x_3$

(IV) $Ki, = 0{,}75 \cdot x_4 + 0{,}25$

где $x_1, \ldots x_4$ – значения концентраций загрязнителей ($C_i$).

*<u>Величина ИЗА показывает уровень загрязнения атмосферы:</u>*

< 2,5 – чистая атмосфера;
2,5–7,5 – слабо загрязнённая;
7,5–12,5 – загрязнённая;
12,5–22,5 – сильно загрязнённая;
22,5–52,5 – высоко загрязнённая;
> 52,5 – экстремально загрязнённая.

**4)** Минздравом СССР разработаны и утверждены инструктивно-методические рекомендации для органов санитарно-эпидемиологических служб (Методические…,1986). Рекомендации предназначены для гигиенической оценки загрязнения воздуха населенных мест. Сведения, используемые методикой – данные натурных стационарных и маршрутных 20-минутных измерений, осуществляемых службами Госкомгидромета, Минздрава или ведомств.

Фактический уровень загрязненности воздуха населенных мест, согласно рекомендациям, оценивается по 5-балльной шкале. Загрязнение I степени (допустимое загрязнение) является безопасным для здоровья населения; при загрязнении II степени и более негативное влияние на состояние здоровья населения увеличивается.

*Результирующее загрязнение атмосферы* определяется в соответствии с формулой:

$$P = \sqrt{\sum K_i^2} \qquad (1.2.7)$$

где $\boldsymbol{K_i}$ - фактическое среднегодовое загрязнение атмосферы ***i***-м веществом в долях среднесуточного ПДК, приведенное к биологическому эквиваленту 3-го класса опасности.

$\boldsymbol{K_i}$ определяется следующим образом: вначале определяется кратность превышения ПДК ***i***-го вещества по формуле:

$$K_i = \frac{C_i}{(ПДК_{с.с})_i} \qquad (1.2.8)$$

где $\boldsymbol{C_i}$ – содержание вещества; $\boldsymbol{ПДК_i}$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация ***i***-го вещества.

Приведение к 3-му классу опасности может быть проведено по таблицам *приложения 1*.

Полученное значение показателя ***P*** оценивается по таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1

*Уровень загрязненности атмосферы в зависимости от величины показателя P и количества элементов-загрязнителей (Методические…,1986)*

| **Уровень загрязнения воздуха** | **Число загрязнителей** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **2-3** | **4-9** | **10-20** | **более 20** |
| I - допустимый | 2 | 3 | 4 | 5 |
| II - слабый | 2,14 | 3,1-6 | 4,1-8 | 5,1-10 |
| III - умеренный | 4,1-8 | 6,1-12 | 8,1-16 | 10,1-20 |
| IV - сильный | 8,1-16 | 12,1-24 | 16,1-32 | 20,1-40 |
| V - очень сильный | >16 | >24 | >32 | >40 |

**На втором этапе** выполнения работы проводится решение задач для определения уровня загрязнения атмосферного воздуха.

**Задача 1.** В атмосферном воздухе города А присутствуют загрязнители в концентрациях, представленных в таблице 1.2.2.

Определите:

- превышение концентраций загрязняющих веществ относительно установленных ПДК;
- индекс загрязнения атмосферного воздуха данного населенного пункта;
- уровень загрязнения атмосферы по величине ИЗА.

Таблица 1.2.2

*Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города А*

| Вещество | ПДКс.с., мг/м$^3$ | Класс опасности | Среднее значение концентрации вещества, мг/м$^3$ |
|---|---|---|---|
| Азота диоксид | 0,04 | 2 | 0,75 |
| Серы диоксид | 0,05 | 3 | 0,28 |
| Сажа | 0,05 | 3 | 0,15 |
| Фенол | 0,003 | 2 | 0,0025 |
| Пыль неорганическая с кремнием до 20% | 0,15 | 3 | 1 |

**Задача 2.** По данным таблицы 1.2.3 для г. Томска необходимо:

- определить концентрации веществ в воздухе;
- рассчитать ИЗА по годам;
- проанализировать изменение уровней загрязнения атмосферы с 2008 по 2012 гг.;
- определить какие вещества вносят наибольший вклад в значение ИЗА.

Таблица 1.2.3

*Доли ПДК веществ в атмосферном воздухе г. Томска (данные Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области)*

| Вещество | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | Класс опасности | ПДКс.с., мг/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Взвешенные вещества | 0,76 | 0,64 | 0,78 | 0,74 | 1,06 | 3 | 0,15 |
| Диоксид азота | 0,92 | 0,8 | 1,03 | 0,785 | 0 | 2 | 0,04 |
| Бенз(а)пирен | 3,81 | 2,9 | 1,4 | 1,15 | 3,04 | 1 | $10^{-6}$ |
| Формальдегид | 4,23 | 3,7 | 3,58 | 5,22 | 3,64 | 2 | 0,003 |
| Хлорид водорода | 0,83 | 0,8 | 0,86 | 0,93 | 0 | 2 | 0,2 |

**Задача 3.** По значениям концентраций химических элементов в атмосферном воздухе (таблица 1.2.4) различных территорий рассчитать КИЗА, определить уровень загрязненности воздуха и оценить степень концентрации в атмосферном воздухе элементов различных классов опасности.

Таблица 1.2.4

*Концентрация химических элементов в атмосферном воздухе различных территорий, мкг/м$^3$ (Геохимия…, 1990)*

| Элемент | Южный полюс, $10^{-1}$ | Пригород | Промышленный город | Вблизи мощных источников загрязнения | ПДК$_{с.с}$ | Класс опасности |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 0,082 | 0,9 | 18 | - | 10 | 2 |
| V | 0,013 | 0,07 | 0,17 | 12 | 2 | 1 |
| Cr | 0,004 | 0,009 | 0,12 | - | 1,5 | 1 |
| Mn | 0,001 | 0,06 | 0,6 | 100 | 1 | 2 |
| Fe | 0,062 | 1,5 | 24 | 1000 | 40 | 3 |
| Co | 0,00005 | 0,001 | 0,04 | 8 | 1 | 2 |
| Ni | - | 0,06 | 0,12 | 7 | 1 | 1 |
| Cu | 0,003 | 0,07 | 1,1 | 6 | 2 | 2 |
| Zn | 0,003 | 0,3 | 1,7 | 10 | 50 | 3 |
| As | 0,003 | 0,005 | 0,1 | 60 | 0,3 | 3 |
| Se | 0,084 | 0,001 | 0,019 | 10 | 0,05 | 1 |
| Br | 0,26 | 0,05 | 1,3 | - | 40 | 2 |
| Cd | 0,0015 | 0,006 | 0,13 | 1 | 0,3 | 1 |
| Sb | 0,00008 | 0,01 | 0,4 | - | 20 | 3 |
| Hg | - | 0,001 | 0,005 | 3 | 0,3 | 1 |
| Pb | - | 0,3 | 3 | 9 | 0,3 | 1 |

**Задача 4.** Сопоставьте уровень загрязненности атмосферного воздуха в городах Иркутской области в зависимости от значения результирующего загрязнения атмосферы (***P***) и выделите приоритетные загрязнители, используя данные таблицы 1.2.5.

Таблица 1.2.5

*Концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе промышленных центров Иркутской области, в долях ПДК (Чабаенко и др., 2002)*

| Примеси | Ангарск | Байкальск | Братск | Иркутск | Саянск | Усть-Илимск | Усолье-Сибирское | Шелехов | Классопасности |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Пыль неорганическая | 1,00 | 0,66 | 1,07 | 1,33 | 0,66 | 2,00 | 2,00 | 1,07 | 3 |
| Оксиды серы | 0,28 | 0,20 | 0,04 | 0,40 | 0,20 | 0,18 | 0,28 | 0,08 | 3 |
| Оксиды азота | 0,75 | 1,25 | 0,75 | 1,38 | 0,43 | 0,45 | 1,43 | 0,85 | 2 |
| Cr | 0,15 | 0,30 | - | 0,18 | - | - | 0,09 | - | 1 |
| Mn | 10,0 | 6,0 | - | 53,00 | - | - | 14,00 | 2,00 | 2 |
| Ni | 1,50 | 0,35 | - | 0,90 | - | - | 0,60 | 0,10 | 1 |
| Cu | 0,10 | 0,20 | - | - | - | - | 1,00 | 0,30 | 2 |
| Zn | 0,40 | 0,60 | - | 1,20 | - | - | 0,40 | 0,60 | 3 |
| Pb | 0,40 | 0,63 | - | 0,77 | - | - | 0,90 | 1,00 | 1 |
| V | 0,05 | 0,16 | - | 0,10 | - | - | 0,00 | - | 1 |

**Задача 5.** Определите коэффициент для выражения концентраций примесей в единицах предельно допустимой концентрации в атмосферном воздухе на территории нефтяного месторождения (таблица 1.2.6).

Таблица 1.2.6

*Концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории нефтяного месторождения., мг/м$^3$*

| Наименование ингредиента | ПДКмр мг/м$^3$ | Около кустовой площадки | | Около дожимной насосной станции | | Около станции | | 300 м от факела | 150 м от факела |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | июнь | июль | июнь | июль | июнь | июль | июнь | июль |
| Метан | 50 | 7,89 | 8,6 | 5,9 | 9,38 | 9,35 | 9,76 | 10,8 | 10,2 |
| Оксид углерода | 0,4 | 0,09 | 0,31 | 0,23 | 0,10 | 0,16 | 0,07 | 0,19 | 0,08 |
| Углеводороды | 50 | 1,42 | 1,55 | 1,64 | 2,16 | 1,35 | 1,6 | 1,54 | 2,35 |

### 1.3. Содержание и оформление отчета

После выполнения лабораторной работы представляется отчет на стандартных листах А4 (297х210 мм). Объем текста – 5-10 страниц.

Работа включает следующие разделы:

Введение.

1. Основные источники загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий.

2. Показатели загрязненности атмосферного воздуха.

3. Результаты расчета показателей загрязненности атмосферно воздуха.

Заключение

Литература

Во *введении* необходимо указать цель работы, основные задачи исследования и исходный материал.

В *первом разделе* на базе изучения литературных материалов приводится характеристика основных источников загрязнения атмосферы на урбанизированных территориях. Указываются основные виды загрязняющих веществ, поступающих с выбросами от антропогенных источников. Необходимо кратко описать систему наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории России или в определенном месте (городе).

Во *втором разделе* описываются критерии и показатели оценки загрязненности атмосферного воздуха.

В *третьем разделе* предоставляются результаты решения задач по определению уровня загрязнения атмосферного воздуха. Приводятся выводы после решения каждой задачи.

В *заключении* даются выводы по выполненной работе.

В конце работы приводится *список литературы*, использованной в процессе выполнения задач.

Образец оформления титульного листа стандартный.

Выполненная работа сдается для проверки преподавателю в срок, указанный в рейтинг-плане. После проверки работы студент защищает выполненную работу в опросно-ответной форме.

## 1.4. Список рекомендуемой литературы

1. Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 176 с.

2. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335 с.

3. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – СанПиН 2.1.6.983–00. – Москва, 2000.

4. Гигиенические требования к обеспечению качества охраны атмосферного воздуха населенных мест. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – СанПиН 2.1.6.1032–01. – Москва, 2001.

5. Методические рекомендации по определению реальной нагрузки на человека химических веществ, поступающих с атмосферным воздухом, водой и пищевыми продуктами. (Утв. нач. ГСЭУ Минздрава СССР, N 2983-84 от 30.03.84). – М., 1986. – 41 с.

6. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 04.05.1999, N 96-ФЗ (ред. от 23.07.2013)

7. Ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. (Утв. Главным государственным санитарным врачом 19.12.2007 г., ред. от 09.10.2013 г. Зарегистрировано в Минюсте РФ 21.01.2008 г. № 10996). – Гигиенические нормативы. – ГН 2.1.6.2309–07. – Москва, 2008.

8. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические нормативы. – ГН 2.1.6.1338-03. – Москва, 2003. – 54 с.

9. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика: Теория и практикум: Учеб. пособие / Под ред. А.П. Хаустова. – М.: РУДН, 2009. – 613 с.

10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Госкомгидромет СССР, МЗ СССР. (Утв. зам. предс. Госкомгидромета СССР 01.06.1989, Главным гос. сан. врачом СССР 16.05.1989). – РД 52.04.186-89. – Москва, 1991. – 683 с.

11. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 22 с.

12. Чебаенко Б.Б. Байкальский регион. Пределы устойчивости. / Б.Б. Чебвенко, Е.П. Майсюк. – Новосибирск: Наука, 2002.

13. Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / Глав. ред. А. М. Адам, редкол.: В. А. Коняшкин, О. И. Кобзарь; Департамент природных ресурсов и охраны

окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». – Томск: Дельтаплан, 2013. – 172 с.

14. Dara S.S. A Textbook of Environmental Chemistry and Pollution Control / S.S. Dara. - 4-th ed. - Delhi: S. Chand & Company LTD, 2001. – 329 p.

15. Elsom D.M. Atmospheric Pollution: A Global Problem (2nd edition). – Oxford: Blackwell Publishers, 1995. – 422 p.

16. Environmental Geology [Электронный ресурс]. – 374 Items. – Berlin: Springer Berlin Heidelberg: Springer Netherlands, 1999. – (Encyclopedia of Earth Science). – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ.– <URL:http://www.springerlink.de/reference-works/>.

17. Sharma B. K. An introduction to Environmental Pollution / B.K. Sharma. – India: Krishna Prakashan Media LTD, 2001.

18. Katyal Timy. Environmental Pollution / T. Katyal, P. M. Satake, R. Kumar. – India: Anmol Publications PVT.LTD, 2001. – 302 p.

## *КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ*

1. Назовите показатели, характеризующие загрязненность атмосферного воздуха.
2. Перечислите известные вам интегральные показатели оценки загрязненности воздуха.
3. Приведите нормативные документы по охране атмосферного воздуха и определению уровня его загрязненности.
4. Какие способы выражения концентраций примеси в атмосфере вы знаете?
5. Определение «загрязнение атмосферного воздуха».
6. Как вы понимаете определение «качество атмосферного воздуха».
7. Объясните, что понимается под предельно допустимой концентрацией загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных мест.