

*Кафедра природообустройства и водопользования*

**ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ  
(практикум)**

**Учебно – методическая разработка  
по курсу «Природопользование»**

**Казань - 2015**

Утверждена на заседании каф. Природообустройства и водопользования КФУ протокол № 3 от 27.04.2015

Печатается по решению Учебно - методической комиссии Института управления, экономики и финансов КФУ

**Природопользование (практикум):** учебно-методическая разработка по курсу «Природопользование»; сост.: О.Ю. Деревенская. – Казань: КФУ, 2015. – 35 с.

Учебно-методическая разработка предназначена для студентов каф. Природообустройства и водопользования Института управления, экономики и финансов КФУ, изучающих курс «Природопользование» (бакалавры по направлению 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», профиль «Природообустройство» и «Водопользование», 2 курс). Разработка может использоваться при проведении практических занятий по курсу.

В учебно-методической разработке предлагаются варианты практических заданий, даются примеры их решения. Практические задания подкрепляют лекционные материалы по курсу «Природопользование». Иллюстрируют возможность применения полученных теоретических знаний на практике.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Работа 1. Оценка влияния сточных вод на качество воды в реке и определение уровня загрязнения реки.....	5
Работа 2. Определение уровня загрязнения почвы населенного пункта и оценка степени опасности для здоровья населения.....	10
Работа 3. Оценка состояния атмосферного воздуха.....	18
Работа 4. Расчет предельно допустимого выброса.....	26
Литература.....	34

## Введение

Одна из центральных проблем, изучаемых современной наукой, - проблема взаимоотношения общества и природы. В процессе этого взаимоотношения человек, используя необходимые ему природные богатства (ресурсы), одновременно оказывает глубокое, часто негативное воздействие на окружающую среду. В результате человечество вынуждено решать чрезвычайно сложную задачу: как при эффективном использовании природных ресурсов нанести наименьший вред природе, а также жизни и деятельности населения.

Назначение природопользования как научной дисциплины состоит в поиске и разработке таких принципов и путей оптимизации взаимоотношений общества и окружающей среды, которые способствуют удовлетворению материальных потребностей людей и сохранению и воспроизведению благоприятной для них внешней среды.

Цель курса «Природопользование» состоит в ознакомлении студентов с антропогенными изменениями и современным состоянием природной среды, основными принципами и методами рационального использования естественных ресурсов и предотвращения или ослабления отрицательных последствий их эксплуатации, а также с разумным освоением и преобразованием природных условий и ресурсов (Емельянов, 2012). Большое значение имеет практическая составляющая курса.

# РАБОТА 1

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА КАЧЕСТВО ВОДЫ В РЕКЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕКИ

**Условие:** в реку сбрасываются сточные воды. Отобрали пробы воды в трех точках: станция 1 – в 100 м выше источника загрязнения; станция 2 – в месте поступления сточных вод; станция 3 – в 100 м ниже источника загрязнения. Результаты анализов проб воды приведены в табл. 1.1. и 1.2.

**Цель работы:** оценить влияние сточных вод, сбрасываемых в реку на качество воды в ней и оценить уровень загрязнения реки.

### **Задание**

1. Выявить показатели, превышающие ПДК.
2. Рассчитать индекс загрязнения воды (ИЗВ) реки и определить класс качества воды на каждой станции;
3. Определить категорию загрязнения воды в реке на разных станциях, по различным показателям (с использованием классификации ГОСТ 17.1.2.04–77)
4. Описать результаты по каждому пункту, построить графики изменения концентраций различных веществ, и сделать выводы о качестве воды в реке, оценить степень опасности для здоровья населения, по изменению химического состава воды сделать предположение о составе поступающих сточных вод и какому предприятию они могут принадлежать.

Таблица 1.1.

Вариант 1. Результаты анализа проб воды.

Ингредиенты	Ед. изм.	ПДК <sub>рх</sub>	Результаты анализа		
			Ст. 1	Ст.2	Ст. 3
1. ХПК	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	-	16,5	20	18
2. БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	-	2	5	3
3. Кислород растворенный	мг/дм <sup>3</sup>	не менее 6	8,35	6	6,5
4. Аммоний ион	мг/дм <sup>3</sup>	0.5	0,4	1	0,55
5. Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0.08	0.034	0,06	0,05
6. Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	40	< 0,1	< 0,1	< 0,1
7. Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	300	21,3	315	200
8. Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	100	109	109	109
9. Фосфат ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,105	0,5	0,2
10. Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,02	0,02
11. Сероводород	мг/дм <sup>3</sup>	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002
12. Гидрокарбонаты	мг/дм <sup>3</sup>	-	302	300	301

13. Жёсткость	°Ж	-	17,2	17,5	17,4
14. Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	180	267	265	268

Таблица 1.2.

Вариант 2. Результаты анализа проб воды.

Ингредиенты	Ед. изм.	ПДКрх	Результаты анализа		
			Ст. 1	Ст.2	Ст. 3
1. ХПК*	мгО/дм <sup>3</sup>	-	16,5	25	20
2. БПК <sub>5</sub>	мгО/дм <sup>3</sup>	-	2	5	4
3. Кислород растворенный*	мг/дм <sup>3</sup>	не менее 6	8,35	5	6
4. Аммоний ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,4	0,38	0,45
5. Нитриты	мг/дм <sup>3</sup>	0,08	0,034	0,030	0,036
6. Нитраты	мг/дм <sup>3</sup>	40	< 0,1	< 0,1	< 0,1
7. Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	300	21,3	25	28
8. Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	100	109	108	111
9. Фосфат ион	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,105	0,3	0,25
10. Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,02	0,1	0,08
11. Сероводород	мг/дм <sup>3</sup>	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002
12. Гидрокарбонаты	мг/дм <sup>3</sup>	-	302	304	297
13. Жёсткость	°Ж	-	17,2	17	17,1
14. Кальций	мг/дм <sup>3</sup>	180	267	268	265

### 1. Гидрохимический индекс загрязнения воды (ИЗВ)

ИЗВ установлен Госкомгидрометом СССР (Временные методические..., 1986) и относится к категории показателей, наиболее часто используемых для оценки качества водных объектов. Этот индекс представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго определенному числу показателей:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где:  $C_i$  – концентрация компонента (в ряде случаев – значение физико-химического показателя);  $n$  – число показателей, используемых для расчета индекса,  $n = 6$ ;  $\text{ПДК}_i$  – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

При расчете индекса обязательно используют значения следующих показателей: водородный показатель (рН), биологическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), содержание растворенного кислорода и еще три показателя, имеющие наибольшие величины  $C_i / \text{ПДК}_i$ .

ИЗВ рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того превышают они ПДК или нет.

При расчете ИЗВ для составляющих  $C_i / ПДК_i$  по неоднозначно нормируемым компонентам применяется ряд следующих условий:

- для биологического потребления кислорода БПК<sub>5</sub> (ПДК – не более 3 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования и не более 6 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> для водоемов хозяйственно-бытового и культурного водопользования) устанавливаются специальные значения нормативов, зависящие от самого значения БПК<sub>5</sub> (табл. 1.3):

Таблица 1.3

Значения ПДК для БПК<sub>5</sub>

Показатель БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)	Значение норматива (ПДК)
Менее 3	3
От 3 до 15	2
Свыше 15	1

- концентрация растворенного кислорода нормируется с точностью до наоборот: его содержание в пробе не должно быть ниже 4 мг/дм<sup>3</sup>, поэтому для каждого диапазона концентраций компонента устанавливаются специальные значения слагаемых  $C_i/ПДК_i$  (табл. 1.4):

Таблица 1.4.

Значения  $C_i/ПДК_i$  для концентрации О<sub>2</sub>.

Концентрация (мгО <sub>2</sub> /л)	Значение слагаемого $C_i / ПДК_i$
Более или равно 6	6
Менее 6 до 5	12
Менее 5 до 4	20
Менее 4 до 3	30
Менее 3 до 2	40
Менее 2 до 1	50
Менее 1	60

- для водородного показателя рН действующие нормативы для воды водоемов различного назначения регламентируют диапазон допустимых

значений в интервале от 6,5 до 8,5, поэтому для каждого сверхнормативного значения рН, выходящего за границы этого диапазона, устанавливаются специальные значения слагаемых  $C_i / ПДК_i$  (табл. 1.5):

Таблица 1.5.

Значения  $C_i / ПДК_i$  для рН.

Значения рН ниже диапазона нормы (< 6.5)	Значения рН выше диапазона нормы (> 8.5)	Значение слагаемого $C_i / ПДК_i$
Менее 6.5 до 6	Свыше 8.5 до 9	2
Менее 3 до 5	Свыше 9 до 9.5	5
Менее 5	Свыше 9.5	20

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 1.6).

Таблица 1.6.

Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязнения воды.

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	до 0,2	I
Чистые	0,2–1,0	II
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	III
Загрязненные	2,0–4,0	IV
Грязные	4,0–6,0	V
Очень грязные	6,0–10,0	VI
Чрезвычайно грязные	>10,0	VII

## 2. Определение категории загрязнения воды по ГОСТ 17.1.2.04–77

Для того, чтобы определить категорию загрязнения воды в реке по физико-химическим показателям воды, можно использовать классификацию ГОСТ 17.1.2.04–77 (табл. 3.7.).

Таблица 3.7

Оценка состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов по ГОСТ 17.1.2.04–77.

Наименование показателей	Чистые воды		Загрязненные воды		Грязные воды	
	Классы сапробности					
	Ксено-сапробность (кс)	Олиго-сапробность (о)	В - мезо-сапробность (бм)	А - мезо-сапробность (ам)	Поли-сапробность (п)	Гипер-сапробность (гп)
Трофо-сапробные показатели						
Растворенный кислород, % насыщения	95 - 100	80 - 110	60 - 125	30 - 150	0 - 200	0
Прозрачность воды по диску Секки, м, не менее	3.0	2.0	1.0	0.5	0.1	Менее 0.1
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	0.0 – 0.5	0.6 – 1.0	1.1 – 2.0	2.1 – 3.0	3.1 – 10.0	Более 10
БПК <sub>20</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	0.0 – 1.0	1.1 – 2.0	2.1 – 3.0	3.1 – 4.0	4.1 – 15.0	Более 15
Перманганатная окисляемость по Кубелю, мгО <sub>2</sub> /л	0.0 – 7.0	7.1 – 10.0	10.1 – 20.0	20.1 – 40.0	40.1 – 80.0	Более 80
Аммоний солевой, мг/л	0.0 – 0.05	0.06 – 0.1	0.11 – 0.5	0.51 – 1.0	1.01 – 3.0	Более 3
Нитраты, мг/л	0.05 – 5.0	5.1 – 10.0	10.1 – 40.0	40.1 – 80.0	80.1 – 150.0	Более 150
Нитриты, мг/л	0.0 – 0.001	0.002 – 0.04	0.05 – 0.08	0.09 – 1.5	1.6 – 3.0	Более 3
Фосфаты, мг/л	До 0.005	0.006 – 0.03	0.04 – 0.1	0.11 – 0.3	0.31 – 0.6	Более 0.6
Сероводород, мг/л	0.0	0.0	0.0	0.0	До 0.1	Более 0.1

## РАБОТА 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

**Цель работы:** определение категории загрязнения почв по наличию в них повышенных концентраций загрязняющих веществ и, на основе этого, оценка влияния суммарного загрязнения на здоровье населения (Сорокин, 2005).

#### **Задание**

1. Определить категорию загрязнения почвы населенного пункта.
2. Определить уровень загрязнения почвы населенного пункта и оценить влияние суммарного загрязнения на здоровье населения.
3. Сделать краткие выводы.

При оценке опасности загрязнения почв загрязняющих веществ необходимо учитывать следующие закономерности:

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

$$K_0 = C/ПДК; \quad (2)$$

- опасность загрязнения тем выше, чем выше класс опасности загрязняющих веществ. Отнесение наиболее опасных загрязняющих веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов к тому или иному классу опасности, проводится в соответствии с данными таблицы 2.1;

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

Таблица 2.1.

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

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

Под буферностью почвы понимается совокупность свойств почвы, определяющих ее барьерную функцию, которая в свою очередь обуславливает уровни вторичного загрязнения химическими веществами сред,

контактирующих с почвой: растительности, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод.

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

Основные понятия, касающиеся химического загрязнения почв, установлены ГОСТом 27593-88. Почвы. Термины и определения.

**Предельно допустимая концентрация химического вещества в почве** представляет собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, так как используемые при ее обосновании критерии отражают возможные пути воздействия загрязняющего вещества на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

Обоснование ПДК химических веществ в почве базируется на 4 основных показателях вредности, устанавливаемых экспериментально:

- **транслокационным**, характеризующим переход вещества из почвы в растение;
- **миграционным водном**, характеризующим способность перехода вещества из почвы в грунтовые воды и водоисточники;
- **миграционным воздушном**, характеризующим переход вещества из почвы в атмосферный воздух;
- **общесанитарном**, характеризующим влияние загрязняющего вещества на самоочищающую способность почвы и ее биологическую активность.

При этом каждый из путей воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания вещества по каждому показателю вредности. Наименьший из обоснованных уровней содержания является лимитирующим и принимается за ПДК. Возможности использования территории и предполагаемые мероприятия в зависимости от категории загрязненности почв приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Характеристика возможности использования территории, в зависимости от категории загрязненности почв.

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности	Возможное использование территории	Предлагаемые мероприятия
-------------------------------	-------------------------------	------------------------------------	--------------------------

I. Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источника загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений).
2. Умеренно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю.	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории I. При наличии вещества с лимитирующим миграционным водным и миграционным воздушным показателями проводится контроль за содержанием этих веществ в рабочих зонах и в воде местных водоемов.
3. Высоко опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности.	Использование под технические культуры. Использование под сельскохозяйственные культуры ограничено учетом растений-концентраторов.	Кроме мероприятий указанных для категории I, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях – продуктах питания и кормах.

4. Чрезвычайно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК по всем показателям вредности.	Использование под технические культуры или исключение из сельскохозяйственного использования. Лесозащитные полосы.	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных источников.
------------------------	---	--	---

#### Пример 1.

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

#### Решение

По таблице 2.4 находим: ПДК меди с учетом фона - 3,0 мг/кг; ПДК свинца с учетом фона - 30,0 мг/кг. Допустимые уровни содержания:

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

Уровень содержания меди в почве превышает ее ПДК (3,0 мг/кг) и допустимый уровень при лимитирующем общесанитарном показателе вредности (3,0 мг/кг), но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю вредности (3,5 мг/кг), а следовательно, в соответствии с табл. 2.2 категория загрязненности почв медью - умеренно опасная.

Уровень содержания свинца в почве не превышает ПДК и допустимые уровни по всем лимитирующим показателям вредности следовательно, в соответствии с табл. 2.2 категория загрязненности почв свинцом - допустимая.

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

Данная территория может использоваться под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений и проведения мероприятий по снижению доступности для них имеющихся токсикантов, т.е. меди и свинца.

Варианты задач для примера 1 даны в таблице 2.3.

## Варианты задач для примера 1.

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

Таблица 2.4.

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

Вещество	ПДК почвы с учетом фона, Мг/кг	Показатели вредности			Обще-санитарный
		Транслокационный	Водный	Воздушный	
Cu	3	3,5	72	-	3
Ni	4	6,7	14	-	4
Zn	23	23	200	-	7
Co	5	23	1000	-	5
Водорастворимая форма					
F	2,8	2,8	-	-	5
Валовое содержание					
Sb	4,5	4,5	4,5	-	500
Mn	1500	3500	1500	-	1500
V	150	170	350	-	150
Mn+V	1000+100	1500+150	2000+200	-	1000+100
Pb	30	35	260	-	30
As	2	2	150	-	10
Hg	2,1	2,1	33,1	2,5	5
Pb+Hg	20+1	20+1	30+2	-	30+2

### Пример 2.

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

$$K_c = C/C_{\phi}, \quad (3)$$

где  $C$  - реальная концентрация данного химического вещества в почве, мг/кг;  $C_{\phi}$  - фоновая концентрация в почве данного вещества, мг/кг. Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций загрязняющих почву химических элементов:

$$Z_c = K_c \cdot (n-1), \quad (4)$$

-  $n$  - число учитываемых ЗВ.

Оценка опасности загрязнения почв по найденному суммарному показателю  $Z_c$  проводится с помощью данных табл. 2.5.

Таблица 2.5.

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю.

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

Необходимо определить категорию загрязнения почвы населенного пункта химическими веществами по суммарному показателю загрязнения; дать характеристику показателей здоровья населения, проживающего на данной территории.

Исходные данные приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6.

Исходные данные.

Загрязняющие вещества	Реальная концентрация в почве $C$ , мг/кг	Фоновая концентрация в почве $C_f$ , мг/кг
Фтор	470	208
Бериллий	4,9	1,5
Цинк	255	41,3

### Решение

По формуле (2) находим коэффициенты концентрации загрязняющих веществ:

$$K_{cF} = 470/208 = 2,3; K_{cBe} = 4,9/1,5 = 3,3; K_{cZn} = 255/41,3 = 6,2.$$

По формуле (3) суммарный показатель загрязнения:

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

В соответствии с данными табл. 2.5 рассматриваемые почвы относятся к категории допустимого загрязнения и характеризуются наиболее низким уровнем заболеваемости детей и минимумом функциональных отклонений.

Варианты задач для примера 2 приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7.

Варианты задач для примера 2.

Вариант	Li	Be	S	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
1	61	12	4100	220	740	92	-	-	-	-	-	-
2	-	23	2350	630	1700	66	250	-	-	-	-	-
3	-	-	6100	420	1350	80	350	41	-	-	-	-
4	-	-	-	345	770	170	64	80	300	-	-	-
5	-	-	-	-	3200	31	195	230	510	12	-	-
6	-	-	-	-	-	22	250	215	68	9	0,3	-
7	-	-	-	-	-	-	46	112	265	41	0,1	130
8	55	-	5200	-	415	-	400	-	48	-	0,09	-
9	-	41	-	190	-	44	-	178	-	14	-	66
10	-	-	3210	520	-	-	120	190	-	-	0,07	313
11	116	15	-	-	2345	132	-	-	148	29	-	-
12	-	-	-	590	1100	143	-	-	-	35	0,15	280
13	96	38	4460	-	-	-	276	134	286	-	-	-
14	-	26	3420	355	-	-	-	155	90	11	-	-
15	-	-	2300	615	820	-	-	-	270	32	0,03	-
16	-	-	-	448	1970	83	-	-	-	18	0,6	79
17	86	-	-	-	974	78	314	-	-	-	0,8	1244
18	70	31	-	-	-	73	265	202	-	-	-	266
19	108	-	-	524	1255	-	-	44	257	-	-	88
20	-	19	3910	-	-	-	-	-	114	10	0,02	118
21	121	17	2840	-	-	-	-	-	-	37	0,4	252
22	61	29	-	-	-	114	-	-	-	40	0,08	305
23	-	-	6000	408	1312	76	342	78	-	-	-	-
24	88	-	-	360	785	188	69	92	-	-	-	-
25	-	44	-	-	-	-	171	214	487	21	-	113
Фоновые концентрации, мг/кг												
Все	23,5	1,5	720	63,5	180	8,4	23,2	15,3	41,3	0,7	0,01	11,5

## РАБОТА 3

### ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

**Цель** – оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха (Оценка..., 2014).

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 состоянием 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 при месяю:**

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

$$K_i = C_i / \text{ПДК}_i \quad (5)$$

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:

$$I_i = \left( \frac{Q_z}{\text{ПДК}_{c.c.}} \right)_i^{c_i} \text{ или } I_i = \left( \frac{q_z}{\text{ПДК}_{c.c.}} \right)_i^{c_i} \quad (6)$$

где  $i$  – примесь;  $Q_z$  – среднегодовая концентрация примеси для города (района) (среднеарифметическое значение среднегодовых концентраций примесей по постам города);  $q_z$  – среднегодовая концентрация примеси (среднеарифметическое значение разовых или среднесуточных концентраций, измеренных в течение года);  $\text{ПДК}_{c.c.}$  – среднесуточная ПДК  $i$ -го вещества;  $c_i$  – 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:

$$I_n = \sum_{i=1}^n I_i \quad (7)$$

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:

$$I_l = \sum_{i=1}^l I_i \quad (8)$$

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 атмосферы воздуха используется *индекс загрязнения атмосферы*:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_i}{ПДК_i} \right) \cdot K_i \quad (9)$$

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  $K_i$ , стандартизуется по «эталонному» классу опасности. В качестве эталона в методике выбран III класс. Для оценки стандартизованных уровней загрязнения по классам используются следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \text{(I)} \quad K_i &= 4 \cdot x_1 - 3 \\ \text{(II)} \quad K_i &= 1,5 \cdot x_2 - 0,5 \\ \text{(III)} \quad K_i &= x_3 \\ \text{(IV)} \quad K_i &= 0,75 \cdot x_4 + 0,25 \end{aligned} \quad (10)$$

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

**Величина ИЗА показывает уровень загрязнения атмосферы:**

- < 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) Фактический уровень загрязнённости 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:

$$P = \sqrt{\sum K_i^2} \quad (11)$$

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

$K_i$  определяется следующим образом: вначале определяется кратность превышения ПДК  $i$ -го вещества по формуле:

$$K_i = \frac{C_i}{(ПДК_{с.с.})_i} \quad (12)$$

где  $C_i$  - содержание вещества;  $ПДК_i$  - предельно допустимая среднесуточная концентрация  $i$ -го вещества.

Приведение к 3-му классу опасности может быть проведено по таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Приведение кратности превышения ПДК веществ 1 класса к таковым 3 класса.

Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 1 класса, К	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3 классу $K_{1-3}$	Фактическое превышение ПДК концентраций веществ 1 класса, К	Кратность превышения ПДК, приведенная к 3 классу, $K_{1-3}$
1,1	1,25	2,4	8,0
1,2	1,5	2,5	8,8
1,3	1,9	2,6	9,7
1,4	2,2	2,7	10,6
1,5	2,6	2,8	11,6
1,6	3,1	2,9	12,6
1,7	3,5	3,0	13,6
1,8	4,0	3,1	14,7
1,9	4,6	3,2	16,0
2,0	5,2	3,5	19,7
2,1	5,8	4,0	27,0
2,2	6,5	4,5	35,8
2,3	7,2	5,0	46,0

Полученное значение показателя  $P$  оценивается по таблице 3.2.

Таблица 3.2.

Уровень загрязненности атмосферы в зависимости от величины показателя Р 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

**Задача 1.** В атмосферном воздухе города Казань присутствуют загрязнители в концентрациях, представленных в таблице 3.3.

Определите:

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

Таблица 3.2.

Средние концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе г. Казани.

Вещество	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Среднее значение концентрации вещества, мг/м <sup>3</sup>
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 3.3. 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 3.3

Доли ПДК веществ в атмосферном воздухе г. Томска (Экологический..., 2013).

Вещество	2008	2009	2010	2011	2012	Класс опасности	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>
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 <sup>-6</sup>
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 3.4.

Концентрация химических веществ в атмосферном воздухе различных территорий, мкг/м<sup>3</sup> (Геохимия..., 1990).

Элемент	Южный полюс, 10 <sup>-1</sup>	Пригород	Промышленный город	Вблизи мощных источников загрязнения	ПДКс.с	Класс опасности
Al	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 3.5.

Таблица 3.5

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	Класс опасности
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 3.6).

Таблица 3.6

Концентрация загрязняющие веществ в атмосферном воздухе на территории нефтяного месторождения, мг/м<sup>3</sup>.

Наименование ингредиента	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Около кустовой площадки		Около дожимной насосной станции		Около подстанции		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

## РАБОТА 4

### РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО ВЫБРОСА

Особенностью нормирования качества атмосферного воздуха является зависимость воздействия загрязняющих веществ, присутствующих в воздухе, на здоровье населения не только от значения их концентраций, но и от продолжительности временного интервала, в течение которого человек дышит данным воздухом.

Поэтому в Российской Федерации, как и во всем мире, для загрязняющих веществ, как правило, установлены 2 норматива:

- норматив, рассчитанный на короткий период воздействия загрязняющих веществ. Данный норматив называется «предельно допустимые максимально-разовые концентрации» (ПДК<sub>МР</sub>).
- норматив, рассчитанный на более продолжительный период воздействия (8 часов, сутки, по некоторым веществам год). В Российской Федерации данный норматив устанавливается для 24 часов и называется «предельно допустимые среднесуточные концентрации» (ПДК<sub>СС</sub>).

**ПДК** - предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе – концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущее поколение, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни. Величины ПДК приведены в мг/м<sup>3</sup> (табл. 3.4) (ГН 2.1.6.695-98).

**ПДК<sub>МР</sub>** – предельно допустимая максимальная разовая концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация при вдыхании в течение 20-30 мин не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

**ПДК<sub>СС</sub>** – предельно допустимая среднесуточная концентрация химического вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

Под **предельно допустимым выбросом (ПДВ)** понимается такой норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов.

**При разработке проекта нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу применяются несколько основных правил:**

Правило 1. Каждый субъект хозяйственной деятельности, являющийся источником загрязнения атмосферного воздуха, обязан иметь согласованный проект нормативов ПДВ.

Правило 2. Норматив ПДВ устанавливается по каждому загрязняющему веществу (или группе суммации) для каждого источника выброса загрязняющих веществ в атмосферу и предприятия в целом. Для неорганизованных выбросов и совокупности мелких одиночных источников (вентиляционные выбросы из одного производственного помещения, от одной расположенной в помещении или на открытом воздухе установки, аэрационных фонарей, вентиляционных шахт и т.д.) устанавливаются суммарный ПДВ.

Правило 3. Норматив ПДВ должен задавать объем выброса вещества в единицу времени, при котором выбросы рассматриваемого источника в совокупности с выбросами других источников города не должны создавать в зоне воздействия предприятия приземных концентраций, превышающих ПДК.

Правило 4. Если в районе расположения предприятия фоновая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе превышает установленные ПДК и значения норматива ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты на момент разработки проекта, то вводится поэтапное **сокращение норматива предельно допустимых выбросов**. Для каждого этапа устанавливаются временно согласованные выбросы (ВСВ) с ориентацией на уровень выбросов действующих предприятий - аналогов с наилучшими экологическими показателями. ВСВ устанавливается на определенный срок с разработкой плана – графика мероприятий по достижению нормативов ПДВ.

Правило 5. При установлении нормативов ПДВ и ВСВ следует учитывать:

физико-географические и климатические особенности местности;  
расположение промышленных площадок;  
расположение участков существующей жилой застройки, санаториев, зон отдыха города;

перспективы развития предприятия, прилегающей селитебной территории и промышленной зоны;

значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Правило 6. Увеличение высоты труб с целью улучшения рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере для снижения уровня приземных концентраций допускается только после применения всех доступных современных средств по сокращению выбросов ПДВ (Методика..., 1987).

### Задача.

Вычислить предельно допустимые выбросы (ПДВ) отопительной котельной, расположенной на городской территории. Загрязняющие воздух вещества образуются при сжигании твердого или жидкого топлива. Основными загрязняющими веществами являются: оксид углерода CO, оксиды азота NO<sub>2</sub>, оксиды серы SO<sub>2</sub>, пыль золы. Источник выбросов – дымовая труба. Газопылеочистное оборудование отсутствует. Исходные данные для расчетов приведены в табл. 4.1 и табл. 4.2. После проведения расчетов сделать заключение по каким загрязняющим веществам могут быть установлены нормативы ПДВ (Расчеты..., 2009).

Таблица 4.1

Место расположения котельной, размеры дымовой трубы,  
характеристика газопылевоздушной смеси

Номер варианта	Место расположения котельной	$H$ , м	$D$ , м	$W_0$ , м/с	$T_z$ , °C	$\eta$
1	Белгород	8,0	0,4	10,3	120	0,7
2	Уфа	11,5	0,6	4,4	110	1
3	Курск	9,5	0,5	9,4	107	0,7
4	Санкт-Петербург	20,0	0,4	3,2	103	0,8
5	Ярославль	13,5	0,4	7,3	126	0,7
6	Рязань	10,1	0,5	8,2	90	1
7	Москва	12,4	0,5	5,4	112	0,5
8	Нижний Новгород	14,7	0,4	5,7	95	0,5
9	Новосибирск	8,5	0,8	5,7	110	0,8
10	Чита	16,0	0,5	3,1	114	1
11	Архангельск	11,0	0,6	5,1	116	1
12	Омск	9,0	0,5	10,4	100	0,8
13	Пермь	18,0	0,4	3,9	118	0,5
14	Мурманск	11,0	0,4	11,4	115	0,6
15	Орел	8,5	0,7	7,5	130	0,8
16	Тюмень	13,5	0,5	4,7	85	0,8
17	Волгоград	11,5	0,5	6,3	122	0,6
18	Пенза	9,0	0,6	7,2	111	1
19	Хабаровск	8,5	0,5	14,6	124	0,9
20	Тула	9,5	0,6	6,6	105	0,8

Фоновые концентрации и фактические выбросы  
загрязняющих веществ

Номер варианта	Фоновые концентрации, $C_{\phi}$ , мг/м <sup>3</sup>				Фактические выбросы, $M$ , г/с			
	СО	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	пыль	СО	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Пыль
1	4,500	0,080	0,400	0,010	2,000	0,016	0,400	0,044
2	3,000	0,020	0,200	0,040	6,900	0,250	1,080	0,060
3	2,700	0,040	0,300	0,020	15,400	0,600	1,800	0,070
4	3,200	0,048	0,100	0,010	13,000	0,200	1,920	0,063
5	3,800	0,030	0,350	0,030	8,700	0,700	2,600	0,062
6	4,700	0,015	0,310	0,030	20,000	0,290	0,700	0,027
7	4,000	0,029	0,270	0,020	8,200	0,800	6,000	0,079
8	3,500	0,070	0,190	0,040	38,700	0,119	0,800	0,025
9	0,010	0,017	0,010	0,018	15,200	0,400	2,042	0,041
10	2,100	0,060	0,040	0,023	16,100	0,070	1,030	0,022
11	0,150	0,035	0,170	0,045	13,300	0,150	1,325	0,006
12	1,170	0,009	0,320	0,042	9,100	0,330	2,100	0,010
13	0,210	0,007	0,090	0,031	31,400	0,600	3,290	0,04
14	0,220	0,074	0,180	0,017	9,300	0,092	2,000	0,091
15	0,300	0,055	0,290	0,015	14,200	0,190	2,100	0,070
16	1,700	0,008	0,330	0,014	18,100	0,310	0,678	0,057
17	2,400	0,028	0,080	0,033	13,900	0,305	2,700	0,051
18	0,900	0,003	0,410	0,042	22,300	0,377	0,412	0,063
19	0,770	0,010	0,370	0,011	24,800	0,371	0,644	0,077
20	0,850	0,011	0,030	0,019	7,200	0,415	2,655	0,038

**Указания к выполнению расчетов**

Значения ПДВ для источника с круглым устьем при выбросе нагретой газопылевоздушной смеси определяется по формуле (Методика..., 1987):

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{MP} - C_{\phi}) H^2 (V_I \Delta T)^{1/3}}{A F m n \eta} \quad (13)$$

где  $ПДК_{MP}$  – максимально разовая предельно допустимая концентрация вредного вещества;  $C_{\phi}$  – фоновая концентрация вредного вещества;  $H$  – высота источника выброса над уровнем земли;  $V_I$  – расход газопылевоздушной смеси;  $\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газопылевоздушной смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха;  $A$  – коэффициент,

зависящий от температурной стратификации атмосферы;  $F$  - коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;  $\eta$  - коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;  $m, n$  - коэффициенты, учитывающие условия выхода газопылевоздушной смеси из устья источника выброса.

### **Порядок выполнения задания**

1. Определить расход газовойоздушной смеси,  $V_1$ .

$$V_1 = \frac{\pi \cdot W_0 \cdot D^2}{4}, \text{ м}^3/\text{сек} \quad (14)$$

где  $D$  - диаметр устья источника выброса, м;  $W_0$  - средняя скорость выхода газопылевоздушной смеси из устья источника выброса, м/с (см. табл. 4.1).

2. Вычислить разность температур  $\Delta T$ . Значение температуры газопылевоздушной смеси,  $T_{\text{с}}$ , приведены в табл. 4.1. Температура окружающего атмосферного воздуха,  $T_{\text{в}}$ , принимается равной средней температуре наиболее теплого месяца года в месте расположения котельной, табл. 4.3 (СНиП 23-01-99).

Таблица 4.3

Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца

Город	$T_{\text{с}}, \text{ }^\circ\text{C}$	Город	$T_{\text{в}}, \text{ }^\circ\text{C}$
Архангельск	20,9	Пенза	25,3
Белгород	25,7	Пермь	23,4
Волгоград	30,0	Рязань	24,1
Курск	24,0	Санкт-Петербург	22,0
Мурманск	17,5	Тула	24,3
Москва	23,6	Тюмень	24,0
Нижний Новгород	23,5	Уфа	24,2
Новосибирск	24,6	Хабаровск	25,7
Омск	25,0	Чита	25,2
Орел	24,1	Ярославль	23,2

3. Определить коэффициент  $A$ .

Коэффициент  $A$  определяется из условия горизонтального и вертикального рассеивания атмосферных примесей. Коэффициент  $A$  принимает значения: 140, 160, 180, 200, 250 в зависимости от места расположения района на территории

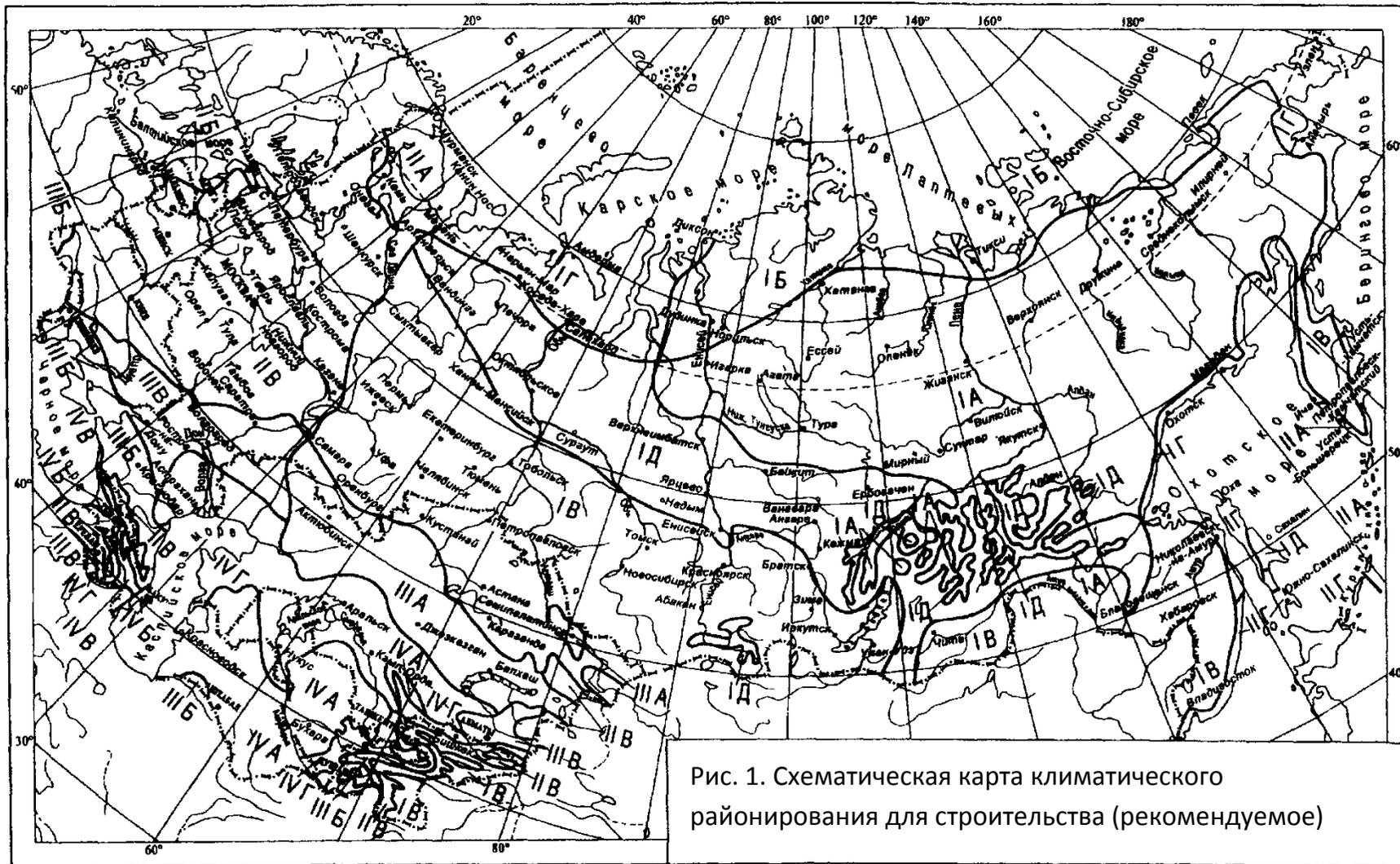


Рис. 1. Схематическая карта климатического районирования для строительства (рекомендуемое)

России (рис. 1) (СНиП 23-01-99). Для европейской территории РФ южнее 50°с.ш., Нижнее Поволжье, Кавказ, Сибирь, Дальний Восток  $A = 200$ ; для европейской территории РФ и Урала от 50°с.ш. до 52°с.ш.  $A = 180$ ; Север и Северо-Запад европейской территории РФ (севернее 52°с.ш.), Среднее Поволжье, Урал  $A = 160$ ; для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Ивановской областей  $A = 140$ .

4. Определить коэффициент  $F$ .

Для газообразных вредных веществ  $F = 1$ , для пыли без очистки  $F = 3$ . При коэффициенте очистки не менее 90 % -  $F = 2$ ; от 75 ... 90 %  $F = 2,5$ .

5. Взять значения коэффициента  $\eta$  из табл. 4.1. Коэффициент  $\eta = 1$  в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км.

6. Определить коэффициент  $m$ .

Коэффициент  $m$  определяется в зависимости от параметра  $f$ :

$$f = 10^3 \cdot \frac{W_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (15)$$

При  $f < 100$  значение  $m$  вычисляется как:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}. \quad (16)$$

7. Определить коэффициент  $n$ .

Коэффициент  $n$  определяется в зависимости от  $V_m$  по формуле:

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad \text{м/с}. \quad (17)$$

Коэффициент  $n$  рассчитывается по формулам:

$$\begin{aligned} n &= 1 && \text{при } V_m \geq 2; \\ n &= 0,523 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13 && \text{при } 0,5 \leq V_m < 2; \end{aligned} \quad (18)$$

8. Рассчитать по формуле (13) значения ПДВ загрязнителей:

- 1) оксида углерода CO,
- 2) оксида азота NO<sub>2</sub>,
- 3) оксида серы SO<sub>2</sub>,
- 4) пыли золы.

Фоновые загрязнения концентраций загрязняющих веществ приведены в табл. 4.2. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ указаны в табл. 4.4 (ГН 2.1.6.695 – 98).

Таблица 4.4

ПДК загрязняющих веществ и пыли в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>

Загрязнитель	ПДК <sub>м.р</sub>	ПДК <sub>с.с</sub>	Класс опасности
Оксид азота, NO <sub>2</sub>	0,085	0,04	2
Оксид серы, SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	3
Оксид углерода, CO	5,0	3,0	4
Угольная зола ТЭС (щелочная, мелкодисперсная)	0,05	0,02	2

9. Сделать заключение об установлении нормативов ПДВ загрязняющих веществ, после сравнения величин рассчитанных значений их предельно допустимых выбросов с фактическими значениями выбросов, приведенных в табл. 4.2 (Расчеты..., 2009).

## Литература

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

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

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

ГН 2.1.6.695 – 98. Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населённых мест.

ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.

ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.

ГОСТ 27593-88. Почвы. Термины и определения

Емельянов А.Г. Основы природопользования – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 256 с.

Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.

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.

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

Оценка воздействия на компоненты природной среды: лабора-торный практикум / сост.: А.В. Таловская, Л.В. Жорняк, Е.Г. Язиков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2014. – 88 с.

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

Расчеты экологических показателей природоохранных мероприятий. Ч. 1. : методические указания и контрольные задания по экологии городской среды/ СибАДИ; сост.: В.А. Хомич, О.В. Плешакова. – Омск: СибАДИ, 2009. – 16с.

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.

СНиП 23-01-99. Строительная климатология

Сорокин Ю.П. Природопользование: Практикум/ Ю.П. Сорокин. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб. 2005. – 91 с.

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

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.