

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Техносферная безопасность»

ЭКОЛОГИЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2024

УДК 504(075.8)
ББК 20.1
Э40

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Техносферная безопасность и производственный дизайн» «21» мая 2024 г., протокол № 10

Составители: д-р биол. наук, доц. А. В. Щур;
канд. вет. наук, доц. Т. Н. Агеева

Рецензент старший преподаватель Н. В. Курочкин

Методические рекомендации к лабораторным работам содержат основные теоретические положения по теме, методику выполнения, формулы для расчета, варианты заданий и предназначены для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» очной и заочной форм обучения.

Учебное издание

ЭКОЛОГИЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

Ответственный за выпуск	А. В. Щур
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2024

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия и города.....	4
2 Лабораторная работа № 2. Методика расчета категории опасности исследуемого территориально-производственного комплекса.....	10
3 Лабораторная работа № 3. Оценка качества атмосферного воздуха и риска здоровью населения на основе санитарно-гигиенического нормирования.....	12
4 Лабораторная работа № 4. Определение показателей, характеризующих загрязнение воды.....	19
5 Лабораторная работа № 5. Оценка загрязнения поверхностных водоемов.....	23
6 Лабораторная работа № 6. Оценка экологического состояния почвы.....	30
7 Лабораторная работа № 7. Экологические паспорта предприятий...	34
8 Лабораторная работа № 8. Оценка эколого-экономического ущерба.....	36
Список литературы.....	45

1 Лабораторная работа № 1. Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия и города

Цель работы: овладеть методикой комплексной оценки качества атмосферы промышленного предприятия и города.

1.1 Расчет категорий опасности предприятия и города

В настоящее время известно немало различных подходов и показателей, применяемых для оценки загрязненности атмосферного воздуха. Для оценки степени загрязнения атмосферы учитывают средние и максимальные концентрации загрязняющих веществ и их соотношение с санитарно-гигиеническим нормативом, например, ПДК (предельно допустимая концентрация).

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^m \text{КОВ}_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (1.1)$$

где m – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

КОВ_i – категория опасности i -го вещества, $\text{м}^3/\text{с}$;

M_i – масса выбросов i -й примеси в атмосферу ($1 \text{ т/год} = 31,7 \text{ мг/с}$), мг/с ;

ПДК_i – среднесуточная предельно допустимая концентрация i -го вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м^3 ;

α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Значения коэффициента α_i для загрязняющих веществ разных классов опасности

Класс опасности вещества	1	2	3	4
α_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Значение КОП рассчитывают при условии, когда $\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} > 1$. При $\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} < 1$

значение КОП не рассчитывается и приравнивается к нулю. Для расчета КОП при отсутствии $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ используют значения $\text{ПДК}_{\text{МР}}$, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ. Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с граничными условиями, приведенными в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Граничные условия для деления предприятий по категории опасности

Категория опасности предприятия	Значение КОП
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

1.2 Практическая часть

1 Провести расчеты категории опасности веществ (КОВ), выбрасываемых предприятием, определить категорию опасности предприятия (КОП). Варианты заданий (номера предприятий) представлены в таблице 1.3. Значения ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе даны в таблице 1.4. Провести ранжирование загрязняющих веществ по массе выбросов и категории опасности.

2 Оформить отчет. Содержание отчета включает в себя исходное задание, формулы, результаты расчетов КОВ и КОП (таблица 1.5), а также таблицы с результатами по ранжированию выбросов (таблицы 1.6 и 1.7).

3 Выводы.

Таблица 1.3 – Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий

Номер варианта (предприятия)	Название вещества	Масса выбросов, т/год
1	2	3
1	Диоксид азота	395,3
	Диоксид серы	2075,0
	Оксид углерода	775,7
	Пыль неорганическая	0,19
	Аммиак	0,28
	Оксид марганца	0,015
2	Диоксид азота	339,0
	Оксид азота	494,0
	Оксид марганца	0,005
	Диоксид серы	405,0
	Оксид углерода	1503,0
	Мазутная зола	0,763
3	Диоксид азота	566,2
	Диоксид серы	2064,1
	Оксид углерода	3347,4
	Пыль древесная	13,1
	Углеводороды	841,1
	Сероуглерод	10,12

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
4	Диоксид азота	1118,1
	Диоксид серы	1744,7
	Оксид углерода	1002,1
	Сероводород	17,3
	Метанол	102,1
	Сажа	85,3
5	Диоксид азота	928,1
	Сероводород	0,003
	Оксид углерода	364,2
	Углеводороды	831,2
	Твердые частицы	0,256
	Оксид углерода	4002,4
6	Диоксид азота	213,5
	Диоксид серы	11,7
	Оксид углерода	800,2
	Углеводороды	1238,3
	Пыль древесная	0,36
	Сероводород	0,02
7	Диоксид азота	186,0
	Диоксид серы	2,7
	Оксид углерода	551,7
	Мазутная зола	0,3
	Углеводороды	0,01
	Сероуглерод	0,003
8	Диоксид азота	10,1
	Диоксид серы	259,3
	Оксид углерода	82,1
	Сероводород	0,32
	Углеводороды	6,76
	Сажа	1,77
9	Диоксид азота	57,7
	Диоксид серы	11,6
	Оксид углерода	58,6
	Мазутная зола	0,04
	Углеводороды	21,7
	Сажа	10,9
10	Диоксид азота	31,1
	Диоксид серы	0,54
	Оксид углерода	97,9
	Пыль неорганическая	122,6
	Формальдегид	2,21
	Оксид марганца	0,02

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3
11	Диоксид азота	21,8
	Диоксид серы	3,86
	Оксид углерода	65,2
	Пыль неорганическая	44,8
	Пыль древесная	4,2
	Углеводороды	2,8
12	Диоксид азота	127,8
	Диоксид серы	16,51
	Оксид углерода	626,8
	Углеводороды	310,2
	Пыль неорганическая	12,03
	Сажа	1,52
13	Диоксид азота	753,1
	Диоксид серы	1063,1
	Оксид углерода	808,2
	Сероводород	157,1
	Мазутная зола	13,11
	Оксид железа	18,34
14	Диоксид азота	58,32
	Диоксид серы	547,3
	Сероводород	5,46
	Оксид углерода	155,3
	Пыль	235,0
	Оксид хрома	131,1
15	Диоксид азота	12,14
	Диоксид серы	0,037
	Оксид углерода	39,47
	Пыль неорганическая	70,55
	Бензол	1,52
	Углеводород	158,5
16	Диоксид азота	247,0
	Диоксид серы	344,3
	Оксид углерода	617,1
	Углеводороды (по метану)	1870,1
	Пыль неорганическая	71,36
	Сероводород	70,18
17	Диоксид азота	549,5
	Диоксид серы	873,08
	Оксид углерода	15,32
	Углеводороды (по метану)	263,4
	Твердые частицы	92,22
	Оксид железа	2,56

Окончание таблицы 1.3

1	2	3
18	Диоксид азота	207,1
	Диоксид серы	147,9
	Ксилол	48,13
	Бензол	21,77
	Сварочный аэрозоль	5,32
	Мазутная зола	3,18
19	Диоксид азота	73,8
	Диоксид серы	27,3
	Оксид углерода	25,1
	Сероводород	0,35
	Сажа	55,1
	Фенол	0,09
20	Диоксид азота	5,82
	Диоксид серы	6,91
	Оксид углерода	123,3
	Углеводороды	7,36
	Сварочный аэрозоль	21,5
	Пыль неорганическая	167,4

Таблица 1.4 – Значения ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе

Название вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	
		ПДК _{МР}	ПДК _{СС}
Свинец и его соединения	1	—	0,0003
Диоксид азота (NO ₂)	2	0,085	0,04
Сероводород	2	0,008	0,008
Сероуглерод	2	0,03	0,005
Формальдегид	2	0,035	0,003
Фенол	2	0,01	0,003
Оксид марганца	2	0,01	0,001
Бензол	2	0,3	0,1
Твердые частицы	2	0,15	0,05
Пыль неорганическая	3	0,5	0,15
Пыль древесная	3	—	0,1
Спирт метиловый	3	1,0	0,5
Диоксид серы (SO ₂)	3	0,5	0,05
Оксид азота (NO)	3	0,4	0,06
Ксилол	3	0,2	0,2
Сажа	3	0,15	0,05
Оксид железа	3	—	0,4
Оксид углерода (CO)	4	5,0	3,0
Аммиак	4	0,2	0,04
Углеводород	4	0,14	—
Метан	—	50	—
Сварочный аэрозоль	3	—	0,05
Мазутная зола	3	0,3	0,1

Таблица 1.5 – Результаты определения категории опасности предприятия (вариант 1)

Название загрязняющего вещества	Масса выбросов т/год	ПДК _{сс}	Значения КОВ
Диоксид азота			
Диоксид серы			
Оксид углерода			
Пыль неорганическая			
Аммиак			
Оксид марганца			
Значение КОП			
Категория опасности предприятия			

Таблица 1.6 – Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов

Название загрязняющего вещества	Масса выбросов		Ранг
	т/год	%	
Диоксид азота			
Диоксид серы			
Оксид углерода			
Пыль неорганическая			
Аммиак			
Оксид марганца			
Всего			

Таблица 1.7 – Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности

Показатель	Значение КОВ	%	Ранг
Суммарный по предприятию		100	
Диоксид азота			
Диоксид серы			
Оксид углерода			
Пыль неорганическая			
Аммиак			
Оксид марганца			

Контрольные вопросы

- 1 Какие основные источники загрязнения воздуха?
- 2 Дать определение понятиям «загрязнение» и «мониторинг».
- 3 Что такое комплексная оценка качества атмосферного воздуха?
- 4 Какие существуют критерии и параметры для оценки качества воздушной среды? Чем отличаются критерии от параметров?
- 5 Дать определение комплексным показателям качества атмосферы (КОВ и КОП).

2 Лабораторная работа № 2. Методика расчета категории опасности исследуемого территориально-производственного комплекса

Цель работы: изучить методику определения категории опасности территориально-производственного комплекса.

2.1 Теоретическая часть

Категория опасности территориально-производственного комплекса (КОГ) оценивается как сумма категорий опасности предприятий (КОП) и улиц (КОУ), расположенных на одной территории:

$$\text{КОГ} = \sum_{i=1}^n \text{КОП}_i + \sum_{i=1}^n \text{КОУ}_i. \quad (2.1)$$

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности. Расчет КОП представлен в лабораторной работе № 1.

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения используется категория опасности улицы (КОУ), которую следует определять через опасность (выбросы) автомобиля (КОА) и качественные характеристики автомобильной дороги (КОД), т. е.

$$\text{КОУ} = \text{КОА} + \text{КОД}. \quad (2.2)$$

2.2 Практическая часть

1 Выполнить расчет категории опасности территориально-производственного комплекса, используя результаты. Значения КОП взять из данных, полученных при выполнении лабораторной работы № 1. Расчет КОУ провести в соответствии с данными вариантов, представленными в таблице 2.1.

2 Оформить отчет. Содержание отчета включает в себя исходное задание, формулы, результаты расчетов (таблица 2.2). Категория опасности территориально-производственного комплекса, исходя из полученного значения КОГ, определяется по таблице 1.1.

3 Выводы.

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчета категории опасности улицы (КОУ)

Номер варианта	Значение КОА (по улицам)			Значение КОД (по улицам)		
	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7
1	9239	11678	9502	22420	101228	102456
2	11908	9350	10308	48338	90140	92643

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
3	9607	10446	8233	100231	82113	60786
4	8826	11238	9337	99442	54768	108102
5	12256	8324	10672	37998	102120	91038
6	10425	9432	6120	34429	90626	101207
7	7564	2346	11123	94446	62984	78620
8	6928	3489	9045	101224	91442	68411
9	2998	10146	7498	70443	112040	52336
10	4289	9224	8342	84622	51366	111208
11	9841	6743	3829	114304	82449	70627
12	5988	12337	11486	83067	74226	49223
13	11201	9806	6248	121623	92277	39346
14	3944	6892	10021	76046	32994	103353
15	6389	10117	9203	68994	102448	113811
16	7789	3466	8921	103225	99061	80345
17	4942	8024	11025	93027	72836	69722
18	5207	7855	9353	105331	95040	95052
19	6224	11021	8502	96450	101551	62035
20	8451	6202	10250	69920	84223	101232

Таблица 2.2 – Результаты определения категории опасности территориально-производственного комплекса

Данные варианта	Значение КОА	Значение КОД	Значение КОУ	Сумма КОУ	Значение КОП
1					
2					
3					
Значение КОГ					
Категория опасности территориально-производственного комплекса					

Контрольные вопросы

- 1 Дать определение комплексным показателям качества атмосферы.
- 2 Критерии деления предприятий по категории опасности.
- 3 Дать определение естественных и антропогенных источников загрязнения окружающей среды.
- 4 Классификация источников загрязнения воздушного бассейна по дальности распространения.

3 Лабораторная работа № 3. Оценка качества атмосферного воздуха и риска здоровью населения на основе санитарно-гигиенического нормирования

Цель работы: изучить методологические основы санитарно-гигиенического нормирования, выполнить оценку качества воздуха населенных мест и риска здоровью населения на основе санитарно-гигиенического нормирования на примере городов Республики Беларусь.

3.1 Теоретическая часть

Регулирование качества окружающей среды осуществляется на основе нормативного методологического подхода путем разработки и утверждения санитарно-гигиенических нормативов. Санитарно-гигиеническое нормирование осуществляется с целью установления предельно допустимых воздействий на окружающую среду, гарантирующих сохранение здоровья населения и безопасность биосферы в целом.

Санитарно-гигиенические нормативы устанавливаются по отношению к концентрациям загрязняющих веществ (ЗВ) в воздухе, воде и почве, уровням физических воздействий (шуму, вибрации, напряженности электрического поля и т. д.). В соответствии с действующим законодательством качество атмосферного воздуха определяется предельно допустимыми концентрациями ЗВ в воздухе.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) ЗВ в атмосфере – это максимальная концентрация ЗВ в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного воздействия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом.

В настоящее время используется несколько видов ПДК.

В зависимости от периода осреднения выделяют такие ПДК, как:

- максимальная разовая (ПДК_{мр}) – это максимальная концентрация примеси в атмосфере, определяемая по пробе, отобранной за 20...30-минутный интервал времени;

- среднесуточная (ПДК_{сс}) – это концентрация примеси в атмосфере, отбираемая по среднесуточной пробе, которая представляет собой пробу воздуха, отбираемую в течение 24 ч непрерывно либо с равными интервалами, но не менее 4-х раз в сутки;

- среднемесячная – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая как среднее значение среднесуточных или максимально разовых концентраций, измеряемых не менее 20 дней в месяц;

- среднегодовая – это концентрация примеси в атмосфере, определяемая как среднее значение среднесуточных или максимально разовых концентраций, измеряемых не менее 200 дней в год.

В зависимости от реципиентов выделяют такие ПДК, как:

- предельно допустимая концентрация для воздуха населенных мест (ПДК_{ав});

– предельно допустимая концентрация для воздуха рабочей зоны (ПДК_{рз}).

В случае отсутствия значений ПДК применяются ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ).

Величина ПДК зависит от степени токсичности вещества, которая характеризуется классом опасности:

I класс – чрезвычайно опасные, ПДК_{рз} < 0,1 мг/м³;

II класс – высокоопасные вещества, 0,1 < ПДК_{рз} < 1 мг/м³;

III класс – умеренно опасные вещества, 1 < ПДК_{рз} < 10 мг/м³;

IV класс – малоопасные вещества, ПДК_{рз} > 10 мг/м³.

Класс опасности вещества зависит от характера его воздействия на организм. По этому признаку выделяют резорбтивные (воздействие на внутренние органы), рефлекторные (воздействие на органы чувств и дыхания) и рефлекторно-резорбтивные токсичные вещества.

Резорбтивное действие ЗВ – возможность развития общетоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в атмосферном воздухе, но и от длительности его вдыхания. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК.

Рефлекторное действие ЗВ – реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей (ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек). Данные эффекты возникают при кратковременном воздействии ЗВ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК.

Рефлекторно-резорбтивное действие ЗВ – действие ЗВ, при котором эффекты на организм реализуются за счет влияния на нервные окончания в месте контакта с веществом и в результате всасывания вещества и поступления его в общий кровоток.

Для обеспечения экологической безопасности населенных пунктов должны соблюдаться ПДК для концентраций ЗВ в атмосферном воздухе. При наличии в воздухе нескольких ЗВ рассчитывается **коэффициент комбинированного действия (ККД)**. ККД отражает характер воздействия одновременно присутствующих в атмосферном воздухе ЗВ, который может проявляться по типу суммации неблагоприятных эффектов воздействия каждого из ЗВ.

ККД рассчитывается по формуле

$$\text{ККД} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (3.1)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в воздухе;

i – количество загрязняющих веществ.

Соблюдение нормативного качества воздуха и отсутствие риска повышения заболеваемости признается в следующих случаях:

$$\text{ККД} < 2 \quad \text{при } 2 \leq i \leq 4;$$

$$\text{ККД} < 3 \quad \text{при } 5 \leq i \leq 9;$$

$$\text{ККД} < 4 \quad \text{при } 10 \leq i \leq 20,$$

где i – количество загрязняющих веществ.

Санитарно-гигиенические нормативы могут служить основой для оценки рисков здоровью населения.

Для расчета **потенциального риска возникновения рефлекторных эффектов** при загрязнении атмосферного воздуха в зависимости от класса опасности веществ используются формулы:

– I класс

$$P_{rob} = -9,15 + 11,66 \cdot \lg \frac{C}{\text{ПДК}_{м.р.}}; \quad (3.2)$$

– II класс

$$P_{rob} = -5,51 + 7,49 \cdot \lg \frac{C}{\text{ПДК}_{м.р.}}; \quad (3.3)$$

– III класс

$$P_{rob} = -2,35 + 3,73 \cdot \lg \frac{C}{\text{ПДК}_{м.р.}}; \quad (3.4)$$

– IV класс

$$P_{rob} = -1,41 + 2,33 \cdot \lg \frac{C}{\text{ПДК}_{м.р.}}, \quad (3.5)$$

где C – максимальная концентрация воздействующего вещества;

$\text{ПДК}_{м.р.}$ – максимально-разовая ПДК;

P_{rob} – величина, связанная с риском по закону нормального вероятностного распределения.

Вероятность развития рефлекторных эффектов при кратковременном воздействии в заданных условиях $Risk$ связана с табличным интегралом P_{rob} ; значения нормально-вероятностного распределения даны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Значения нормально-вероятностного распределения

P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$	P_{rob}	$Risk$
-3,0	0,001	-1,5	0,067	-0,8	0,212	-0,1	0,460	0,6	0,726	1,3	0,903	2,0	0,977
-2,5	0,006	-1,4	0,081	-0,7	0,242	0,0	0,50	0,7	0,756	1,4	0,919	2,5	0,994
-2,0	0,023	-1,3	0,097	-0,6	0,274	0,1	0,540	0,8	0,788	1,5	0,933	3,0	0,999
-1,9	0,029	-1,2	0,115	-0,5	0,309	0,2	0,579	0,9	0,816	1,6	0,945		
-1,8	0,036	-1,1	0,130	-0,4	0,345	0,3	0,618	1,0	0,814	1,7	0,955		
-1,7	0,045	-1,0	0,157	-0,3	0,382	0,4	0,655	1,1	0,864	1,8	0,964		
-1,6	0,055	-0,9	0,184	-0,2	0,421	0,5	0,692	1,2	0,885	1,9	0,971		

Потенциальный риск хронического воздействия ЗВ или материала на здоровье человека ($Risk$) определяется по формуле

$$Risk = 1 - \exp \left[\ln(0,84) \cdot \frac{\left(\frac{C_i}{ПДК_{cc}^i} \right)^b}{k_3} \right], \quad (3.6)$$

где C_i – концентрация вещества в заданный период времени;

$ПДК_{cc}^i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация;

k_3 – коэффициент запаса (значения меняются в зависимости от класса опасности вещества: I класс – 7,5; II – 6,0; III – 4,5; IV класс – 3);

b – коэффициент опасности веществ (значения меняются в зависимости от класса опасности вещества: I класс – 2,35; II – 1,28; III – 1,0; IV класс – 0,87).

Степень риска влияния факторов окружающей среды на состояние здоровья населения оценивается в следующих интервалах:

$Risk < 0,02$ – приемлемый риск;

$Risk$ от 0,02 до 0,16 – удовлетворительный риск;

$Risk$ от 0,16 до 0,50 – неудовлетворительный риск;

$Risk$ от 0,50 до 0,84 – опасный риск;

$Risk$ от 0,84 до 1,0 – чрезвычайно опасный риск.

3.2 Практическая часть

Задача 1. Рассчитайте ККД для городов Беларуси по годам наблюдений. Определите, соответствуют ли рассчитанные величины ККД нормативным значениям. Сделайте выводы о наличии или отсутствии загрязнения воздуха по годам наблюдений и о динамике ККД. Содержание ЗВ в воздухе городов представлено в таблице 3.2, ПДК_{с.г.} ЗВ в атмосферном воздухе населенных мест – в таблице 3.3. Для отчета: заполнить таблицу 3.4, выполнить расчеты ККД (см. формулу (3.1)), сделать выводы об уровне риска.

Задача 2. Оцените вероятность (риск) возникновения рефлексных эффектов при загрязнении атмосферного воздуха в городах Беларуси, используя для расчета формулы (3.2)–(3.5), в зависимости от класса опасности веществ. Концентрации ЗВ по годам наблюдений представлены в таблице 3.5, классы опасности веществ и ПДК_{м.р.} – в таблице 3.3. Результаты расчетов оформите в виде таблицы 3.6. Используя таблицу 3.1, определите значения риска в разные годы и сделайте вывод о его динамике.

Таблица 3.2 – Содержание загрязняющих веществ в воздухе городов Беларуси по годам наблюдений

Город	Содержание загрязняющих веществ по годам наблюдений, мг/м³																				
	Пыль		Твердые частицы (фракции РМ-10)		Диоксид серы		Оксид углерода				Диоксид азота				Оксид азота						
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.			
Бобруйск	0,021	0,028	0,020	0,011	0,016	0,020	0,001	0,002	0,001	0,831	0,639	0,770	0,032	0,026	0,030	0,019	0,022	0,020			
	0,038	0,047	0,035	0,034	0,027	0,026	0,012	0,016	0,015	0,610	0,786	0,812	0,028	0,030	0,032	0,026	0,026	0,019			
	0,101	0,088	0,072	0,046	0,052	0,067	0,001	0,001	0,001	0,750	0,616	0,538	0,032	0,034	0,038	0,022	0,023	0,018			
Витебск	0,053	0,049	0,038	0,032	0,041	0,034	0,016	0,009	0,011	0,490	0,424	0,501	0,024	0,026	0,022	0,026	0,035	0,029			
	0,057	0,048	0,036	0,029	0,034	0,031	0,019	0,011	0,013	0,680	0,722	0,504	0,030	0,024	0,026	0,040	0,061	0,052			
	0,055	0,045	0,042	0,038	0,030	0,022	0,018	0,021	0,016	0,622	0,576	0,678	0,048	0,042	0,046	0,080	0,076	0,090			
Минск	0,052	0,044	0,037	0,024	0,030	0,028	0,031	0,023	0,026	0,743	0,670	0,630	0,052	0,050	0,048	0,062	0,044	0,039			
	0,069	0,058	0,054	0,012	0,011	0,013	0,013	0,022	0,023	0,632	0,620	0,568	0,024	0,028	0,026	0,020	0,016	0,018			
	0,035	0,034	0,028	0,028	0,028	0,024	0,023	0,025	0,030	0,906	0,672	0,812	0,048	0,054	0,046	0,028	0,024	0,026			
Новополоцк	0,018	0,024	0,020	0,010	0,011	0,012	0,001	0,001	0,001	0,850	0,768	0,782	0,025	0,026	0,024	0,016	0,014	0,020			
	0,057	0,050	0,053	0,023	0,028	0,025	0,001	0,001	0,002	0,491	0,481	0,504	0,033	0,032	0,026	0,022	0,016	0,018			
	0,035	0,028	0,025	0,024	0,022	0,020	0,027	0,047	0,040	1,039	0,798	1,020	0,052	0,060	0,056	0,030	0,024	0,022			
Полоцк	0,059	0,035	0,051	0,012	0,011	0,011	0,001	0,001	0,002	0,855	0,678	0,750	0,030	0,032	0,031	0,016	0,014	0,012			
	0,029	0,032	0,034	0,018	0,026	0,022	0,001	0,002	0,024	0,662	0,338	0,429	0,022	0,016	0,018	0,014	0,018	0,016			
	0,084	0,078	0,083	0,012	0,016	0,014	0,004	0,006	0,004	0,569	0,470	0,469	0,028	0,026	0,030	0,011	0,010	0,010			
Речица	0,082	0,071	0,080	0,028	0,030	0,022	0,001	0,002	0,001	0,318	0,264	0,402	0,022	0,025	0,024	0,018	0,016	0,016			

Таблица 3.3 – ПДК ЗВ в атмосферном воздухе населенных мест

Наименование ЗВ	ПДК, мг/м ³			Класс опасности
	ПДК _{с.г}	ПДК _{сс}	ПДК _{м.р}	
Пыль	0,1	0,15	0,3	III
Твердые частицы (фракции РМ-10)	0,04	0,05	0,15	II
Диоксид серы	0,05	0,2	0,5	III
Оксид углерода	0,5	3	5	IV
Диоксид азота	0,04	0,1	0,25	II
Оксид азота	0,1	0,24	0,4	III
Аммиак	–	–	0,2	IV
Формальдегид	–	0,012	0,03	II

Таблица 3.4 – Содержание ЗВ и значение расчетных ККД по годам наблюдений

Наименование ЗВ	Содержание ЗВ по годам наблюдений, мг/м ³			ПДК _{с.г} , мг/м ³
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	
Пыль				
Твердые частицы				
Диоксид серы				
Оксид углерода				
Диоксид азота				
Оксид азота				
ККД				

Таблица 3.5 – Максимальная разовая концентрация ЗВ в воздухе городов Беларуси по годам наблюдений

Город	Максимальная концентрация загрязняющих веществ, мг/м ³							
	Аммиак		Диоксид серы		Диоксид азота		Формальдегид	
	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
Бобруйск	0,312	0,098	–	–	0,46	0,26	0,040	0,032
Брест	–	–	0,638	0,160	0,37	0,48	0,066	0,036
Витебск	0,360	0,222	–	–	0,82	0,35	0,052	0,030
Гомель	–	–	0,168	0,490	0,63	0,30	0,068	0,040
Гродно	0,426	0,182	–	–	0,80	0,28	0,040	0,032
Минск	–	–	0,906	0,650	0,98	0,86	0,062	0,046
Могилев	–	–	1,810	0,388	1,08	0,68	0,088	0,066
Мозырь	0,242	0,360	–	–	0,37	0,29	0,062	0,050
Новополоцк	–	–	1,620	1,828	0,89	0,56	0,071	0,040
Орша	0,306	0,180	–	–	0,38	0,22	0,042	0,034
Пинск	0,190	0,098	–	–	0,48	0,36	0,052	0,044
Полоцк	–	–	0,862	1,660	0,84	0,52	0,058	0,046
Светлогорск	0,206	0,362	–	–	0,25	0,31	0,039	0,048
Солигорск	–	–	0,388	0,401	0,30	0,55	0,046	0,036
Речица	0,168	0,046	–	–	0,33	0,27	0,037	0,033
Жлобин	0,120	0,222	–	–	0,58	0,33	0,068	0,050

Таблица 3.6 – Оценка риска возникновения рефлекторных эффектов в городе

Год	Максимальная разовая концентрация ЗВ, мг/м ³	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	P_{rob}	$Risk$	Оценка риска
Диоксид азота					
2020					
2022					
Формальдегид					
2020					
2022					
Диоксид серы					
2020					
2022					
Аммиак					
2020					
2022					

Задача 3. Оцените риск хронического воздействия на жителей города трех основных ЗВ (пыли, оксида углерода и диоксида азота), загрязняющих атмосферный воздух, используя формулу (3.6). Содержание ЗВ в воздухе представлено в таблице 3.2, ПДК_{сс} ЗВ – в таблице 3.3. Для отчета: заполнить таблицу 3.7, выполнить расчет риска и его оценку, сделать выводы.

Таблица 3.7 – Оценка величины потенциального риска хронического воздействия загрязняющих веществ в городе

Наименование ЗВ	Содержание ЗВ, мг/м ³		ПДК _{сс} , мг/м ³	$Risk$		Оценка риска	
	2020 г.	2022 г.		2020 г.	2022 г.	2020 г.	2022 г.
Пыль							
Оксид углерода							
Диоксид азота							
Суммарный $Risk$	–	–	–				

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается цель санитарно-гигиенического нормирования?
- 2 Дайте определение ПДК.
- 3 Какие виды ПДК выделяют?
- 4 Какие выделяют классы опасности веществ?
- 5 В чем заключается резорбтивное действие ЗВ?
- 6 В чем заключается рефлекторное действие ЗВ?
- 7 Что отражает ККД?

4 Лабораторная работа № 4. Определение показателей, характеризующих загрязнение воды

Цель работы: ознакомиться с показателями качества окружающей среды и освоить методики оценки показателей качества воды.

4.1 Теоретическая часть

Значение воды в жизни общества трудно переоценить, поскольку количество и качество воды оказывает влияние на все виды хозяйственной, культурной, социальной и экологической деятельности человека. Человечеству нужна не просто вода и не любая вода, а вода пресная и определенного качества. Запасы пресной воды на Земле чрезвычайно малы. По расчетам специалистов, суммарные запасы пресных вод суши не превышают 2,5 % от общего количества воды на земле, причем абсолютное ее большинство находится в виде льда Антарктиды, Гренландии и горных ледников.

Современный экологический кризис породил проблему дефицита пресной воды, которая имеет два главных аспекта:

- 1) рост потребления воды на хозяйственные нужды;
- 2) загрязнение природных вод, в результате чего вода становится непригодной для использования.

Проблема загрязнения природных вод приобретает главное значение в странах с достаточным увлажнением и развитием речной сети, к числу которых относится и Беларусь.

Анализ сброса в водные объекты Беларуси загрязняющих веществ позволяет сделать вывод, что антропогенная нагрузка на водные системы страны в последнее десятилетие XX в. выросла в связи с увеличением сбросов хлоридов, сульфатов, нитритов, нитратов, аммонийного азота и тяжелых металлов. Наиболее существенный рост установлен для металлов, сульфатов и соединений азота. Наиболее опасным является загрязнение водных объектов тяжелыми металлами, высокие концентрации которых вызывают ряд тяжелых заболеваний. Помимо тяжелых металлов, выраженное негативное воздействие на организм человека оказывают нитраты и нитриты.

Ртуть отличается высокой токсичностью для любых форм жизни. В организм человека ртуть может попадать с продуктами питания растительного и животного происхождения, продуктами моря, атмосферным воздухом и водой. При всех путях поступления ртуть накапливается преимущественно в почках, селезенке и печени. Органические соединения ртути легко связываясь с белками, концентрируются в головном мозге, в том числе и эмбриона. Болезнь Минамата – ртутная интоксикация организма, обусловленная употреблением в пищу рыбы из водоемов, загрязненных ртутью. Заболевание характеризуется поражением центральной нервной системы (ЦНС). У детей, рожденных от считавшихся здоровых матерей, через некоторое время после рождения развивались симптомы поражения ЦНС – от легких спастических параличей до тяжелого психического расстройства.

Антропогенные источники поступления ртути в биосферу – это все техно-

логические процессы, где используется ртуть.

Свинец поступает в организм человека с продуктами растительного происхождения, с водой и атмосферным воздухом. Механизм токсического действия свинца заключается в блокировании функциональных групп белков, в том числе ферментов. Симптомами отравления свинцом являются нейромышечные эффекты – парезы и параличи. Наиболее чувствительны к свинцу быстрорастущие и эмбриональные клетки. Воздействие свинца на эмбрион приводит впоследствии к психическим расстройствам и умственной отсталости детей. Кроме того, свинец воздействует на кроветворную и пищеварительную систему, почки. Существует мнение о возможности мутагенного и канцерогенного действия свинца, усиливающегося при комбинированном действии с другими металлами.

Антропогенные источники поступления в биосферу: выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания, сточные воды, добыча и производство металла.

Медь является биомикроэлементом, т.е. в небольших количествах медь содержится в тканях живых организмов. Опасен не только избыток меди, но и ее недостаток. Недостаток меди приводит к повреждению стенок кровеносных сосудов, анемии, увеличению сердечно-сосудистых заболеваний. При хронической интоксикации медью и ее солями возможны функциональные расстройства нервной системы, печени и почек и др.

Цинк относится к наиболее распространенным токсическим компонентам крупномасштабного загрязнения Мирового океана. Избыточное поступление цинка в организм сопровождается снижением уровня кальция в крови и костях, нарушением усвоения фосфора. Цинк обладает кумулятивным (накапливающимся) токсическим эффектом даже при незначительном его содержании в окружающей среде. Цинк обладает мутагенным и канцерогенным действием, влияет на половую функцию у мужчин.

Антропогенные источники поступления в биосферу: выброс цинка в атмосферу при высокотемпературных технологических процессах, сточные воды химического, деревообрабатывающего, текстильного, бумажного, цементного производств, а также рудников и металлургических комбинатов.

Нормативы качества воды водного объекта – установленные общезначимые, биологические, химические показатели качества и ПДК веществ в воде водного объекта, в пределах которых обеспечиваются условия водопользования в соответствии с видом водного объекта (рыбохозяйственный, хозяйственно-питьевой). Нормативы ПДК загрязняющих веществ в воде водного объекта – установленные максимальные концентрации загрязняющих веществ в воде водного объекта определенного вида, выше которых вода непригодна для водопользования.

В воде водных объектов одновременно могут присутствовать сразу несколько загрязняющих веществ, поэтому для оценки уровня загрязнения используют комплексные показатели.

Важной характеристикой качества вод водного объекта является **индекс загрязненности вод (ИЗВ)**. Расчет ИЗВ производится по среднегодовым концентрациям ингредиентов, вносящих наибольший вклад в загрязнение рассматриваемого водного объекта. Рассчитывается ИЗВ по формуле

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{n}, \quad (4.1)$$

где ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -вещества для вод водного объекта конкретного вида водопользования (рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и др.), мг/л;

n – количество показателей, участвующих в расчете.

В Республике Беларусь при расчете ИЗВ обычно учитываются следующие показатели качества воды: содержание растворенного кислорода, легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора, фосфатов, нефтепродуктов и др.

В зависимости от величины ИЗВ определяют характеристику и класс качества воды по таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика и класс качества воды в зависимости от величины ИЗВ

Величина ИЗВ	Характеристика качества	Класс качества воды
Менее или равно 0,3	Чистая	I
Более 0,3...1,0	Относительно чистая	II
Более 1,0...2,5	Умеренно загрязненная	III
Более 2,5...4,0	Загрязненная	IV
Более 4,0...6,0	Грязная	V
Более 6,0...10,0	Очень грязная	VI
Более 10,0	Чрезвычайно грязная	VII

4.2 Практическая часть

1 Рассчитать индекс загрязненности воды (ИЗВ) в городском водоеме. Исходные данные по вариантам даны в таблице 4.2. Определить класс качества воды в водоеме, используя таблицу 4.1.

2 Оформить отчет. Содержание отчета включает в себя исходные данные, формулы и результаты расчетов.

3 Сделать вывод.

Контрольные вопросы

1 Основные показатели качества воды и методики их определения.

2 Воздействие тяжелых металлов на организм человека.

3 Воздействие нитратов и нитритов на организм человека.

Таблица 4.2 – Содержание загрязняющих веществ в водоеме

Наименование загрязняющих веществ	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³ , по вариантам															ПДК рыбохо- зяйственного объекта, мг/дм ³
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
ХПК	22	18	19	21	23	26	17	28	22	15	19	20	17	24	26	30
БПК ₅	6,2	5,9	6,9	7,1	5,8	5,2	6,4	6,8	7,2	5,6	5,2	4,9	5,7	6,6	5,4	6,0
Минерализация (по сухому остатку)	450	629	479	768	461	542	478	569	621	573	442	892	436	347	428	1000
Хлорид-ион	45	58	68	49	76	82	49	52	71	38	66	74	51	59	74	300
Сульфат-ион	31	28	23	38	34	37	22	36	21	28	32	45	27	30	29	100
Аммоний-ион	0,30	0,45	0,60	0,38	0,46	0,72	0,63	0,80	0,60	0,52	0,29	0,37	0,42	0,27	0,36	0,39
Нефтепродукты	0,11	0,09	0,08	0,12	0,03	0,09	0,13	0,06	0,07	0,14	0,16	0,09	0,05	0,12	0,08	0,05
СПАВ (анион)	0,32	0,24	0,28	0,18	0,12	0,17	0,20	0,32	0,21	0,19	0,13	0,22	0,31	0,26	0,14	0,1
Формальдегид	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,04	0,02	0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01
Фосфор общий	0,80	0,61	0,28	0,32	0,37	0,88	0,90	0,62	0,31	0,43	0,58	0,69	0,71	0,54	0,42	0,2

5 Лабораторная работа № 5. Оценка загрязнения поверхностных водоемов

Цель работы: ознакомиться с методами определения уровня загрязненности воды поверхностных водоемов.

5.1 Определение взвешенных веществ

Взвешенные вещества являются постоянным компонентом воды в водных экосистемах. Представлены они в виде примесей органического и неорганического происхождения.

Принцип метода основан на выделении механических веществ путем фильтрации определенного объема пробы воды.

Материалы и оборудование.

- 1 Емкость для отбора пробы воды на 3 л.
- 2 Мерный цилиндр.
- 3 Воронки.
- 4 Колбы емкостью 100...500 мл.
- 5 Бюксы.
- 6 Фильтры.
- 7 Сушильный шкаф.
- 8 Весы.

Порядок выполнения работы.

Для определения водных примесей берут бумажные фильтры, предварительно высушенные в сушильном шкафу в течение одного часа при $t = 105\text{ }^{\circ}\text{C}$ и взвешивают в бюксе на аналитических весах. Отобранную пробу воды тщательно взбалтывают, отмеряют мерным цилиндром 200 мл воды, фильтруют через взвешенный фильтр. Затем фильтр с осадком переносят в бюкс. Высушивают при температуре $t = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ около 2 ч в открытом бюксе. Переносят в эксикатор для охлаждения и взвешивают с фильтром.

Обработка результатов. Содержание примесей X , мг/л, рассчитывают по формуле

$$X = \frac{b - a}{V} \cdot 1000, \quad (5.1)$$

где a – вес бюкса с чистым фильтром, мг;

b – вес бюкса и фильтра с осадком, мг;

V – объем фильтровальной жидкости, мл;

1000 – количество миллиграмм в 1 л.

5.2 Определение прозрачности и мутности воды

Прозрачность и мутность воды обусловлены присутствием в ней механических взвешенных частиц (глины, песка, почвы, ила, растительных и живот-

ных остатков), а также нерастворенных и коллоидных веществ органического и неорганического происхождения.

Прозрачность воды определяют несколькими методами: методом цилиндра, методом диска, методом кольца.

Метод цилиндра применяется для оценки механических и химических примесей в лабораторных условиях.

Принцип метода основан на визуальной оценке шрифта в 3,5 мм в столбике воды отобранной пробы.

Материалы и оборудование.

- 1 Емкость для отбора пробы воды на 3 л.
- 2 Мерный цилиндр высотой 50 см.
- 3 Бумажная пластинка со шрифтом.
- 4 Измерительная линейка.

Методика определения. Проба воды тщательно взбалтывается. Мерный цилиндр помещается на пластину со шрифтом и заполняется водой до тех пор, пока текст перестает быть читаемым. Затем замеряется высота водного столба. Вода считается чистой, если буквы отчетливо видны при высоте 50 см и более.

Метод кольца применяется для оценки прозрачности воды в полевых и лабораторных условиях. Изготавливается проволочное кольцо диаметром 1...1,5 см и опускается на дно цилиндра емкостью 500 мл, вливается проба воды до тех пор, пока контуры кольца станут невидимыми. Линейкой замеряют высоту воды в сантиметрах. Получаемые результаты переводят на показания по шрифту.

Принцип метода определения мутности воды основан на визуальной оценке степени осветления воды и характера образовавшегося осадка.

Материалы и оборудование.

- 1 Мерный цилиндр высотой 30 см.
- 2 Измерительная линейка.
- 3 Лист черной бумаги.

Последовательность выполнения. Пробу воды тщательно взбалтывают и заливают в мерный цилиндр высотой 30 см. Отстаивают воду в течение 1 ч при комнатной температуре. Оценка показателя определяют по следующей шкале.

Шкала мутности.

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1 Осветление не заметно | – 5 баллов. |
| 2 Слабое | – 4 балла. |
| 3 Сильное | – 3 балла. |
| 4 Прозрачное | – 2 балла. |

Шкала осадка.

Характер:

- 1) хлопьевидный;
- 2) илистый;
- 3) песчаный;
- 4) серый;
- 5) бурый;
- 6) черный.

Степень:

- 1) незначительный;
- 2) слабый;
- 3) большой;
- 4) очень большой.

Между прозрачностью и мутностью существует определенная зависимость.

Зная величину прозрачности, можно сделать перерасчет на мутность (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Показатели прозрачности и мутности воды

Прозрачность, см	Мутность, мг/л	Прозрачность, см	Мутность, мг/л	Прозрачность, см	Мутность, мг/л
4	285	14	65,0	24	38,0
5	185	15	61,0	26	35,1
6	158	16	56,0	28	32,5
7	130	17	58,4	30	30,5
8	114	18	48,0	32	28,6
9	102	19	46,0	34	26,9
10	92	20	44,5	36	25,4
11	83	21	43,3	38	24,2
12	76	22	41,4	40	23,0
13	70	23	38,6	42	21,8

5.3 Определение цветности и запаха воды

Цветность воды. Цветность, привкус и запах воды обуславливают некоторые ее химические и биологические особенности. Существенное влияние на эту группу показателей качества воды оказывают присутствие в ней гуминовых и дубильных веществ, белков, жиров, органических кислот и других соединений, входящих в состав животных и растительных организмов и являющихся их продуктами жизнедеятельности или распада. Окраска воды, ее вкус и запах вызываются также присутствием соединений железа, марганца и других минеральных солей.

Определение цветности питьевой воды. Метод основан на визуальной оценке окраски 10...12 см столбика воды.

Материалы и оборудование.

- 1 Пробирки диаметром 12...14 см.
- 2 Измерительная линейка.
- 3 Лист белой бумаги.

Последовательность выполнения работы. Чистую пробирку наполняют водой до 10...12 см и смотрят сверху на белом фоне.

Шкала оценки.

- 1 Бесцветная.
- 2 Слабо-желтая.
- 3 Интенсивно-желтая.
- 4 Голубая.
- 5 Зеленовато-голубая.

Запах воды. Запах оценивается по органолептическим впечатлениям без предварительной или с предварительной обработкой пробы. Интенсивность определяется разбавлением испытываемой воды до органолептического исчезновения. При наличии интенсивного запаха пробу воды разбавляют водой без запаха до различных концентраций (в 2 раза, в 5, в 10 и т. д.). В серии разбавленных проб устанавливают запах, описывают разведение, при котором он исчезает. Характер запаха оценивается по 5-балльной системе.

Материалы, оборудование и реактивы.

1 Сосуды для отбора пробы воды емкостью 2 л.

2 Колбы емкостью 200...300 мл.

3 Мерный цилиндр.

4 Электроплита.

Ход выполнения работы. Запах определяется при температуре 20 °С и 60 °С. В колбу емкостью 250...300 мл наливают 100 мл воды отобранной пробы, закрывают пробкой и тщательно перемешивают вращательным движением в течение 1 мин. Затем определяют вид запаха (таблица 5.2) и его интенсивность (таблица 5.3). Результаты записываются в рабочую тетрадь.

Таблица 5.2 – Классификация запаха воды

Вид запаха	Источник происхождения
1 Ароматный	Камфора, гвоздика, лимон, лаванда
2 Огуречный	—
3 Цветочный	—
4 Углеводородный	Нефтепродукты
5 Лекарственный	Фенол и иодоформ
6 Сернистый	Сероводород
7 Навозный	—
8 Травянистый	Лежалая трава
9 Затхлый	Преющая солома
10 Овощной	Корни овощей
11 Гнилостный	Застоявшиеся сточные воды
12 Болотный	—
13 Рыбный	—
14 Хлорный	Свободный хлор
15 Землистый	Сырая земля
16 Неопределенный	—
17 Химический	Промышленные сточные воды
18 Плесневой	Сырой подвал
19 Торфяной	Торф

Таблица 5.3 – Шкала оценки интенсивности запаха воды

Интенсивность запаха, балл	Характеристика	Проявление запаха
0	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах не замечаемый потребителем, но обнаруживается специалистом
2	Слабый запах	Обнаруживается потребителем
3	Заметный	Вода неприятна для питья
4	Отчетливый	—

Если интенсивность запаха трудно установить, то пробу нагревают на водяной бане при температуре 60 °С и определяют вид и его интенсивность (см. таблицы 5.2 и 5.3).

5.4 Определение нитратов в воде

Нитраты – соли и эфиры азотной кислоты, например, NaNO_3 , KNO_3 , NH_4NO_3 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$. Нитраты используются в качестве азотных удобрений. Они являются компонентом минерального питания растений. Присутствуя в растениях, нитраты в небольших количествах постоянно поступают в организм человека и животных. Человеческий организм способен нейтрализовать нитраты в небольших количествах без вреда для себя. Однако нерациональное применение минеральных удобрений приводит к избыточному накоплению нитратов в организме, с которым не справляются его адаптационные системы.

Содержание нитратов в поверхностных и подземных водах варьирует в широких пределах в зависимости от геохимических условий, применения азотных удобрений, методов очистки сточных вод. Большие концентрации нитратов обнаруживаются в грунтовых водах и колодезной воде в сельской местности, особенно в районах интенсивного земледелия и вблизи животноводческих комплексов.

Нитраты оказывают выраженное негативное влияние на водные экосистемы. Загрязнение поверхностных вод нитратным азотом является главным фактором эвтрофирования. Эвтрофирование водных объектов приводит к интенсивному развитию сине-зеленых водорослей, цветению воды с выделением токсичных веществ и, в конечном итоге, к деградации водных экосистем. Вода эвтрофированных водоемов непригодна для хозяйственного и бытового использования.

Порядок выполнения работы.

Для измерения нитратов в воде используются лабораторные иономеры И-160.1МП, настроенные, согласно Руководства по эксплуатации, на измерение концентрации нитратов в миллиграммах на килограмм. Прибор состоит из преобразователя и штатива. Для проведения измерений используют измерительный электрод 3М-NO3-07СР, электрод сравнения ЭВЛ-1М3.1 и термокомпенсатор автоматический ТКА-7.3.

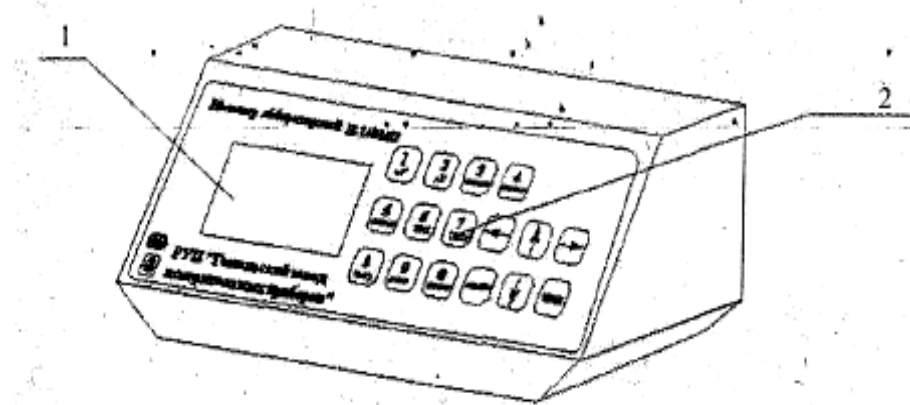
Принцип работы прибора. В основу работы прибора положен потенциометрический метод измерения рХ (рН) и Eh контролируемого раствора.

Электродная система при погружении в контролируемый раствор развивает ЭДС, линейно зависящую от активности ионов NO_3^- и температуры раствора.

Электролитический контакт вспомогательного электрода с контролируемым раствором осуществляется с помощью электролитического ключа, обеспечивающего истечение насыщенного раствора хлористого калия (KCl) из полости электрода в анализируемый раствор. Раствор KCl , непрерывно просачиваясь через электролитический ключ, предотвращает проникновение из анализируемого раствора в систему вспомогательного электрода посторонних ионов, которые могли бы изменить величину потенциала электрода. ЭДС электродной системы преобразуется и считывается на цифровом табло прибора. В преобразователе предусмотрено преобразование измеряемой величины из единиц ак-

тивности ионов в единицы концентрации.

Конструкция прибора. Общий вид преобразователя и элементы его конструкции показаны на рисунке 5.1. Органы оперативной настройки и выбора режима измерения, а также цифровой дисплей, вынесены на переднюю панель.



1 – цифровой дисплей; 2 – органы управления

Рисунок 5.1 – Иономер И-160.1МП (преобразователь измерений)

На задней панели преобразователя расположены: выключатель сетевого питания 1, шнур для подключения сети 7, разъем для подключения измерительного электрода ИЗМ 4, гнездо для подключения вспомогательного электрода ВСП 3, разъемы для подключения термокомпенсатора ТКА 5, разъемы ВЫХОД и USB 6, 2 для подключения исполнительных устройств и персонального компьютера (рисунок 5.2).

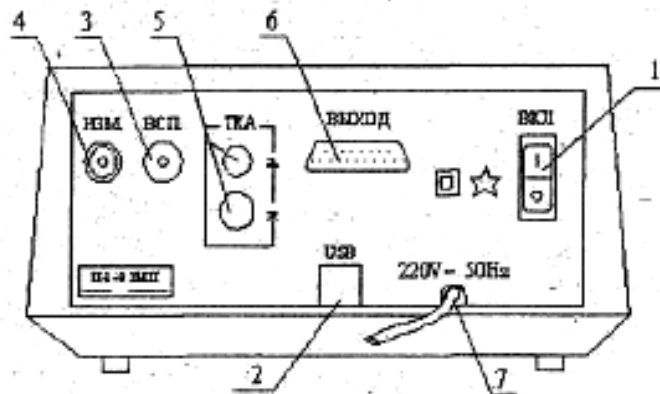


Рисунок 5.2 – Задняя панель преобразователя

Проведение измерений.

Подготовка прибора к работе проводится в соответствии с инструкцией.

Перед погружением в анализируемую среду при перемещении из раствора более высокой концентрации в менее концентрированный раствор (с более высоким значением pX) электродная система должна промываться дистиллиро-

ванной водой.

При измерениях необходимо учитывать, что время установления потенциала измерительного электрода и инерционность термокомпенсатора ТКА-7.3 обычно не превышают 3 мин с момента погружения в анализируемую среду.

Порядок проведения измерений:

- измерительный электрод 3М-NO3-07СР закрепить в штативе и подключить к гнезду ИЗМ;
- электрод сравнения ЭВЛ-1МЗ закрепить в штативе, вынуть резиновую пробку в боковой стенке электрода и электрод подключить к гнезду подключения вспомогательного электрода ВСП 3;
- автоматический термокомпенсатор закрепить в штативе и подключить к входу ТКА;
- иономер включить в сеть и прогреть в течение 15 мин;
- промыть электрод дистиллированной водой и удалить остатки воды фильтровальной бумагой;
- погрузить электроды и термокомпенсатор в измеряемую пробу воды;
- нажать клавишу СЕТЬ. На дисплее отражается концентрация раствора;
- измерения провести 3 раза. Окончательное значение измеренной величины – среднее арифметическое из полученных значений.

Форма отчета о выполненной работе

1 Оформить отчет. Содержание отчета включает в себя цель работы, определение качества воды по представленным методикам, результаты оценок, занесенные в таблицу (таблица 5.4).

2 Сделать вывод.

Таблица 5.4 – Результаты измерения

Наименование образца	Показатель	Измеренное значение	Допустимое значение	Вывод

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение фоновой и предельно допустимой концентрации.
- 2 Перечислите контролируемые показатели в различных водах.
- 3 В чем заключаются организационные и технологические водоохранные мероприятия?
- 4 В соответствии с какими документами осуществляется определение допустимых концентраций в сточных водах?

6 Лабораторная работа № 6. Оценка экологического состояния почвы

Цель работы: изучить экологическое состояние образцов почвы из разных районов г. Могилева.

6.1 Исследование кислотности почвы

Важный фактор, который следует принимать во внимание при оценке почвы, это величина рН. Значения рН почвенного раствора на разных типах почв могут колебаться от сильнокислых (3...4 рН) до сильнощелочных (8...9 рН).

Величина рН может быть показателем определенной неупорядоченности в химическом балансе почвы, кислотно-щелочном равновесии, оказывающем влияние на способность растений поглощать удобрения и другие питательные вещества из почвы. По многочисленным наблюдениям, растения развиваются лучше всего, когда рН почвы находится в пределах от 6,5 до 7,0. Процесс закисления почв может быть обусловлен загрязнением окружающей среды и выпадением кислотных осадков. Основными компонентами кислотных осадков являются аэрозоли аммиака, оксиды серы и азота, которые при взаимодействии с атмосферной, гидросферной или почвенной влагой образуют серную, азотную и другие кислоты.

Источниками антропогенных кислотных осадков являются процессы сжигания топлива – угля, нефти, мазута в ТЭС, котельных, металлургии, нефтехимической промышленности, на транспорте и пр. В поступлении на территорию Беларуси серы и окисленного азота основная доля принадлежит странам-соседям – Польше, Германии, Украине. Средняя кислотность осадков в Беларуси колеблется от 5,1 до 6,2. В зонах достаточного и избыточного увлажнения, к которым относится и территория Беларуси, воздействие кислотных осадков на почвы, леса и водные объекты сказывается наиболее неблагоприятным образом. При оценке реального воздействия кислотных осадков на компоненты ландшафта необходимо учитывать химический состав почв и их способность противостоять внешним воздействиям (буферная способность почв).

Оборудование и реактивы: пробирки, фильтровальная бумага, воронка, дистиллированная вода, универсальный индикатор, образцы почвы.

Ход работы: в пробирку поместили почву (столбик почвы должен быть 2...3 см). Прилили дистиллированную воду, объем которой должен быть в 3 раза больше объема почвы. Закрыли пробирку пробкой, тщательно встряхивали в течение 1...2 мин. Профильтровали полученную смесь почвы и воды. Почва осталась на фильтре, а собранный в пробирке фильтрат представляет собой почвенную вытяжку (почвенный раствор).

Определение рН почвенной вытяжки проводим с помощью иономера И-160.1МП, представленного на рисунках 5.1 и 5.2. В качестве измерительного электрода используется комбинированный электрод ЭСКЛ-08М.1. Для измерения температуры используют термокомпенсатор автоматический ТКА-7.3.

Прибор предназначен для применения на объектах эксплуатации, в лабо-

раториях предприятий и научно-исследовательских учреждений различных отраслей народного хозяйства, в том числе в области охраны окружающей среды. Анализируемая среда – водные растворы неорганических и органических соединений, технологические растворы, не образующие пленок и осадков на поверхности электрода, природные и сточные воды и др.

В основу работы прибора положен потенциометрический метод измерения pX (pH) и Eh контролируемого раствора. Электродная система при погружении в контролируемый раствор развивает ЭДС, линейно зависящую от активности ионов и температуры раствора.

Электролитический контакт комбинированного электрода с контролируемым раствором осуществляется с помощью электролитического ключа, обеспечивающего истечение насыщенного раствора хлористого калия (KCl) из полости электрода в анализируемый раствор. Раствор KCl , непрерывно просачиваясь через электролитический ключ, предотвращает проникновение из анализируемого раствора в систему комбинированного электрода посторонних ионов, которые могли бы изменить величину потенциала электрода. ЭДС электродной системы преобразуется и считывается на цифровом табло прибора.

В режиме pX измеренное значение температуры раствора может использоваться для компенсации погрешности измерений, обусловленной зависимостью ЭДС электродной системы от температуры (далее – термокомпенсация). Для измерения температуры используется термодатчик, который помещается в анализируемый раствор. Преобразователь измеряет величину сопротивления и рассчитывает температуру раствора.

Подготовка прибора к работе проводится в соответствии с инструкцией. Перед погружением в анализируемую среду при перемещении из раствора более высокой концентрации в менее концентрированный раствор (с более высоким значением pX) электродная система должна промываться дистиллированной водой и (желательно) анализируемым раствором.

Порядок проведения измерений:

- комбинированный измерительный электрод закрепить в штативе и подключить к гнезду ИЗМ;
- автоматический термокомпенсатор закрепить в штативе и подключить к входу ТКА;
- иономер включить в сеть и прогреть в течение 15 мин;
- промыть электрод дистиллированной водой и удалить остатки воды фильтровальной бумагой;
- промыть электрод измеряемым раствором;
- погрузить электрод и термокомпенсатор в измеряемую пробу;
- нажать клавишу СЕТЬ. На дисплее отражается значение pH почвенного раствора;
- измерения провести 3 раза. Окончательное значение измеренной величины – среднее арифметическое из полученных значений;
- в промежутках между измерениями электрод хранить в дистиллированной воде.

Оценку степени кислотности почв проводим по таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Определение степени кислотности почвы

Значение pH	Степень кислотности почв
Ниже 4,0	Сильнокислые
4,0...5,0	Кислые
5,1...6,5	Слабокислые
6, 5...7,0	Нейтральные
7,0...8,0	Слабощелочные
Выше 8,0	Щелочные

Результаты измерений pH оформите в виде таблицы 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты измерения

Наименование образца	Показатель	Измеренное значение	Оценка степени кислотности

6.2 Качественное определение химических элементов почвы

Оборудование и реактивы: весы (с точностью до 0,1 г), фарфоровая чашка для выпаривания, штатив, спиртовка, коническая колба (2 шт.), мерный цилиндр, пипетка, пробирки, воронка, фильтровальная бумага, нихромовая проволока, соляная кислота (10 %), соляная кислота (конц.), растворы азотной кислоты (10 %), хлорида бария (20 %), нитрата серебра (2 %), дистиллированная вода.

Ход работы.

Обнаружение карбонатов в почве. К пробе почвы добавили несколько капель 10-процентной соляной кислоты. Если почва содержит карбонат-ион, то под действием кислоты начнется выделение углекислого газа. Почва как бы «вскипает». Почвы, вскипающие от 10-процентной соляной кислоты, относят к карбонатным. Интенсивность образования углекислого газа, т. е. интенсивность «вскипания» (бурное, среднее, слабое), дает предварительную количественную оценку содержания карбонат-иона в почве.

Определение наличия хлоридов в почве.

1 Подготовка водной вытяжки почвы. Для этого поместили 25 г почвы в коническую колбу, добавили 50 мл дистиллированной воды. Взболтали содержимое колбы, дали отстояться в течение 5...10 мин. Еще раз взболтали после отстаивания, профильтровали.

2 Отлили в пробирку 5 мл почвенной вытяжки, добавили несколько капель 10-процентной азотной кислоты. По каплям добавляли раствор нитрата серебра. Если хлориды присутствуют, то образуется белый хлопьевидный осадок хлорида серебра. Если признаком реакции при анализе образца будет хорошо различимый белый творожистый или хлопьевидный осадок, то данный образец содержит десятые доли процента хлорид-ионов. Если раствор только мутнеет, т. е. теряет прозрачность, то в почве содержатся сотые и тысячные доли про-

цента хлорид-ионов.

Обнаружение сульфатов в почве. К 5 мл почвенной вытяжки прилили несколько капель концентрированной соляной кислоты и 3 мл раствора хлорида бария. Если почва содержит сульфат-ион, то появляется белый тонкодисперсный, или, как говорят, молочный осадок сульфата бария. О концентрации его в почвенной вытяжке можно судить по степени прозрачности полученной смеси (густой осадок, мутный или почти прозрачный раствор).

Обнаружение нитратов в почве. В пробирку налили 5 мл фильтрата водной вытяжки почвы и по каплям прибавили раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов раствор окрашивается в синий цвет.

Качественное определение ионов кальция. К 10 мл фильтрата водной вытяжки почвы добавили несколько капель 10-процентного раствора соляной кислоты и прилили 5 мл 4-процентного раствора оксалата аммония. Белый осадок оксалата кальция свидетельствует о наличии нескольких процентов кальция в почве. При наименьшем содержании кальция (сотые и тысячные доли процента) наблюдается лёгкое помутнение раствора.

Форма отчета о выполненной работе

1 Оформить отчет. Содержание отчета включает в себя цель работы, определение показателей качества воды по представленным методикам.

2 Результаты измерений pH оформить в виде таблицы 6.2.

3 Результаты качественного определения наличия химических элементов в почве представить в виде таблицы 6.3.

4 Сделать вывод.

Таблица 6.3 – Результаты определения наличия химических элементов в почве

Наименование образца	Определяемый показатель	Результат исследования	Вывод

Контрольные вопросы

1 Что представляет собой шкала pH?

2 Понятие асидификации окружающей среды.

3 Последствия кислотных осадков.

4 Принцип работы иономера.

7 Лабораторная работа № 7. Экологические паспорта предприятий

Цель работы: получить навыки оформления экологических паспортов.

7.1 Теоретическая часть

Экологический паспорт предприятия – комплексный документ, содержащий характеристику взаимоотношений предприятия с окружающей природной средой.

Форма экологического паспорта предприятия и требования, предъявляемые к нему, изложены в следующих нормативных документах:

– Государственный стандарт Республики Беларусь СТБ 17.01.00-01–2012 *Охрана окружающей среды и природопользование. Экологический паспорт предприятия*;

– Экологические нормы и правила ЭкоНиП 17.01.06-001–2017 *Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности*.

Основные положения данных документов являются обязательными для природопользователей, предоставляющих статистические данные в области охраны окружающей среды в установленном законодательством Республики Беларусь порядке.

Нормативные документы устанавливает требования к структуре экологического паспорта предприятия, оформлению и заполнению типовых форм экологического паспорта. Наличие экологического паспорта является обязательным при прохождении процедуры сертификации продукции и систем управления окружающей средой производственных, опытно-экспериментальных и других объектов, предприятий и организаций, а также при подготовке проекта реконструкции предприятия к прохождению государственной экологической экспертизы.

Экологический паспорт используется для:

– комплексного учета используемых природных и вторичных материальных ресурсов;

– осуществления государственного и производственного контроля за соблюдением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований в области охраны окружающей среды;

– определения уровня влияния производства на окружающую среду;

– для подготовки заявления на выдачу комплексных природоохранных разрешений.

При проектировании любых объектов сводные характеристики воздействий на компоненты природной среды отражаются в экологическом паспорте проекта.

При разработке экологического паспорта используются проектные сведения и эксплуатационные данные за календарный год, предшествующий году составления.

Экологический паспорт предприятия (проект) в соответствии со стандартом СТБ 17.01.00-01–2012 и ЭкоНиП 17.01.06-001–2017 включает в себя следующие элементы.

1 Титульный лист.

2 Разделы:

- общие сведения о природопользователе;
- производственная характеристика природопользователя;
- охрана атмосферного воздуха;
- использование земельных ресурсов;
- водопотребление и водоотведение;
- обращение с отходами производства;
- сведения о транспорте предприятия;
- мероприятия по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды;
- программа осуществления производственного аналитического контроля и (или) локального мониторинга в области охраны окружающей среды.

3 Картографический материал.

Проектные сведения не вносятся в экологический паспорт только в случае их отсутствия, при этом в соответствующих графах ставится прочерк (тире).

В таблицах, содержащих годовые значения, допускается увеличение количества граф или строк в зависимости от табличной формы.

В состав экологического паспорта включается лист регистрации изменений. Дополнения, вносимые в экологический паспорт с периодичностью, предусмотренной настоящим стандартом, не подлежат отражению в листе регистраций изменений.

Если объем паспорта превышает 24 страницы, рекомендуется включить в него элемент «Содержание».

7.2 Практическая часть

1 Ознакомиться с формой экологического паспорта предприятия (проект), представленной в стандарте СТБ 17.01.00-01–2012.

2 Оформить отчет. Содержание отчета включает в себя цель работы, исходное задание, проект экологического паспорта предприятия, оформленный в соответствии с требованиями стандарта.

3 Выводы.

Контрольные вопросы

1 Дать определение понятия «экологический паспорт предприятия».

2 В каких нормативных документах представлена форма экологического паспорта предприятия?

3 Какие разделы включает экологический паспорт предприятия?

8 Лабораторная работа № 8. Оценка эколого-экономического ущерба

Цель работы: изучить методику и выполнить оценку эколого-экономического ущерба на основе эмпирического метода для одной из областей Республики Беларусь.

8.1 Теоретическая часть

Под *эколого-экономическим ущербом* понимают фактические и возможные убытки, причиняемые хозяйству и человеку в результате ухудшения качества окружающей среды, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков.

Эколого-экономический ущерб – это изменение полезности окружающей среды вследствие её загрязнения. Но эколого-экономический ущерб проявляется не только в недополученной продукции и иных материальных утратах, но и в потере нематериальных ценностей – ухудшение здоровья человека, изменение возможностей развития и воспитания личности вследствие исчезновения привычного ландшафта и разрушений архитектурных и исторических памятников и т. д.

Эколого-экономическая оценка ущерба, нанесенного окружающей природной среде, заключается в определении фактических и возможных (предотвращаемых) материальных и финансовых потерь и убытков от ухудшения в результате антропогенного воздействия качественных и количественных параметров окружающей природной среды в целом и ее отдельных эколого-ресурсных компонентов (водные ресурсы, земельные ресурсы, ресурсы растительного и животного мира).

Для количественной оценки эколого-экономического ущерба используют три основных метода:

- 1) метод прямого расчета, базирующийся на сравнении показателей загрязненного и условно чистого (контрольного) районов;
- 2) аналитический, основанный на получении математических зависимостей между показателями состояния соответствующей экономической системы и уровнем загрязнения окружающей среды;
- 3) эмпирический, суть которого заключается в том, что зависимость ущерба от уровня загрязнения, полученная на основе двух первых методов на отдельных объектах, обобщается и переносится на однородные исследуемые и объект.

Для оценки эколого-экономического ущерба для регионов чаще всего используется эмпирический метод. Рассмотрим основные особенности метода. Общий ущерб от загрязнения окружающей среды в рамках данного подхода рассчитывается по формуле

$$Y = Y_a + Y_v + Y_n, \quad (8.1)$$

где Y – общий ущерб от загрязнения окружающей среды, р.;
 Y_a – ущерб от загрязнения атмосферного воздуха, р.;
 Y_v – ущерб от загрязнения водных объектов, р.;

Y_n – ущерб от загрязнения и истощения почв, р.

Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов.

Идея эмпирического метода для расчета ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов состоит в том, что сначала все вредные вещества, выбрасываемые в атмосферный воздух или водные объекты, приводятся к монозагрязнителю, нельзя напрямую сложить 500 кг ртути и 500 кг диоксида серы. Такая операция имеет смысл тогда, когда вводится весовой коэффициент A_i , учитывающий, во сколько раз одно вредное вещество опаснее другого. Выражение $A_i \cdot m_i$ называется приведенной массой выбросов (сбросов). Приведенная масса измеряется в условных тоннах.

Кроме приведения к монозагрязнителю, в эмпирическом подходе используется коэффициент относительной опасности загрязнения территории σ , который учитывает особенности и социальную значимость территории, т. к. способность окружающей среды к самоочищению во многом определяется ее географическим положением и особенностями функционирования экосистем.

Расчет годовых величин экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов производится по формуле

$$Y_{a(e)} = \gamma \cdot \sigma \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i, \quad (8.2)$$

где Y_a – ущерб от загрязнения атмосферного воздуха, р.;

Y_e – ущерб от загрязнения водных объектов, р.;

γ – удельный ущерб от единицы выбросов, р./усл. т;

σ – коэффициент, учитывающий региональные особенности территории, подверженной вредному воздействию и связанный с относительной опасностью её загрязнения;

A_i – коэффициент приведения примеси к монозагрязнителю, усл. т/т (таблицы 8.1 и 8.2);

m_i – масса выброса i -го вида примеси, т;

n – количество вредных веществ.

Удельный ущерб γ от единицы выбросов (сбросов) принимается равным базовому нормативу платы за выброс (сброс) 1 т ЗВ в пределах установленных лимитов с применением коэффициента индексации и повышающего коэффициента 5 и определяется по формуле

$$\gamma = 5 n_{\sigma} k, \quad (8.3)$$

где n_{σ} – базовый норматив платы за выброс (сброс) ЗВ в пределах установленного лимита, р./т;

k – коэффициент, учитывающий изменение цен (таблица 8.3).

При наличии в регионе различных типов территорий рассчитывается коэффициент σ , учитывающий региональные особенности. Коэффициент σ может рассчитываться как средневзвешенное значение коэффициентов относительной

опасности для территорий различных типов x_i по формуле

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \sigma_i}{100}, \quad (8.4)$$

где σ – средневзвешенное значение коэффициента относительной опасности загрязнения территории;

x_i – доля i -го участка территории (таблица 8.4), %;

σ_i – коэффициент относительной опасности загрязнения i -го участка территории (таблица 8.5).

Масса выбросов загрязняющих веществ m_i , т, поступающих в атмосферу, представлена в таблице 8.6.

При расчете экономического ущерба от загрязнения водных объектов U_g значение коэффициента σ для водных объектов представлено в таблице 8.7, а масса сбрасываемых в реки загрязняющих веществ m_i , т, – в таблице 8.8.

Таблица 8.1 – Приведенная масса выбросов в атмосферный воздух

Наименование ЗВ	Масса выброса m , т	Коэффициент приведения A , усл. т/т	Приведенная масса выброса, усл. т
CO		1	
NO ₂		41,1	
SO ₂		22	
C _x H _y		3,16	
Сажа		1,5	
Итого			

Таблица 8.2 – Приведенная масса сбросов в водные объекты

Наименование ЗВ	Масса выброса m , т	Коэффициент приведения A , усл. т/т	Приведенная масса выброса, усл. т
Органические вещества по БПК ₅		1	
Азот аммонийный		0,2	
Фосфаты		2,0	
Нитраты		12,5	
Нефтепродукты		15	
СПАВ		5	
Итого			

Таблица 8.3 – Коэффициент, учитывающий изменение цен

Год	2019	2020	2021	2022
Индекс изменения цен	1,0	1,1	1,2	1,3

Таблица 8.4 – Структура типов земель по областям Беларуси

В процентах

Категория земель	Область					
	Брест- ская	Витеб- ская	Гомель- ская	Гроднен- ская	Минская	Могилев- ская
Сельскохозяйственные земли	42,3	36,6	32,7	49	46,2	44,2
Лесные земли	28	38	46,2	27,8	32,3	38,0
Земли под древесно-кустарни- ковой растительностью	2,8	7,3	2,8	2,4	2,4	5,0
Земли под болотами	4,2	2,0	2,3	1,7	0,8	2,9
Особо охраняемые природные территории	14,4	9,5	7,4	10,1	9,3	3,0
Земли под водными объектами	1,2	1,5	1,4	1,3	2,0	1,2
Земли под населенными пунктами	1,9	1,3	1,6	1,8	2,0	1,7
Земли под дорогами, иными транспортными коммуника- циями	2,7	2,1	2,5	2,5	2,9	2,3
Неиспользуемые, нарушен- ные и иные земли	2,5	1,7	3,1	3,4	2,1	1,7

Таблица 8.5 – Значения показателя относительной опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов σ

Тип загрязняемой территории	Значение σ
Курорты, санатории, особо охраняемые природные территории	10
Земли населенных пунктов	8
Земли общего пользования и транспортных коммуникаций	4
Леса	0,2
Древесно-кустарниковая растительность	0,1
Сельскохозяйственные земли	0,15
Земли под болотами	0,2
Земли под водными объектами	0,1
Прочие земли	0,1

Таблица 8.6 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

В тысячах тонн

Год	Область	CO	NO ₂	SO ₂	C _x H _y	Сажа
1	2	3	4	6	6	7
2019	Брестская	77,4	14,0	0,0	26,4	4,3
	Витебская	55,9	10,7	0,0	18,8	3,1
	Гомельская	60,3	11,6	0,0	21,1	3,6
	Гродненская	60,2	12,3	0,0	20,1	3,1
	Минская	116,9	17,5	0,1	35,5	4,4
	Могилевская	45,5	7,6	0,0	14,1	2,1

Окончание таблицы 8.6

1	2	3	4	5	6	7
2020	Брестская	69,9	13,5	0,0	24,4	4,0
	Витебская	50,4	9,2	0,0	17,0	3,0
	Гомельская	56,0	11,0	0,0	19,8	3,5
	Гродненская	55,0	11,2	0,0	18,4	2,9
	Минская	113,4	17,4	0,1	34,6	4,4
	Могилевская	45,1	7,6	0,0	14,6	2,1
2021	Брестская	69,8	13,1	0,0	24,7	4,1
	Витебская	58,0	10,9	0,0	18,1	3,0
	Гомельская	57,6	11,7	0,0	21,8	3,8
	Гродненская	53,8	11,9	0,0	20,6	3,3
	Минская	117,0	18,2	0,1	35,9	4,6
	Могилевская	46,0	8,0	0,0	16,0	2,2
2022	Брестская	70,2	13,3	0,0	25,1	4,2
	Витебская	54,6	10,0	0,0	18,5	3,1
	Гомельская	56,0	11,6	0,0	20,9	3,7
	Гродненская	54,8	12,0	0,0	20,1	3,2
	Минская	118,7	19,2	0,0	35,5	4,7
	Могилевская	49,2	7,8	0,0	15,4	2,3

Таблица 8.7 – Значения показателя относительной опасности загрязнения для речных бассейнов Беларуси

Наименование реки	Значение σ
Западная Двина	1,4
Неман	1,3
Днепр	2,2
Припять	1,4
Березина	2,0
Свислочь	1,52
Сож	2,0
Западный Буг	1,4

Таблица 8.8 – Сбросы загрязняющих веществ в бассейны рек Беларуси

Год	Бассейн реки	Органические вещества по БПК ₅ , т	Аммоний-ион, т	Фосфат-ион, т	Нитрат-ион, т	Нефте-продукты, т	СПАВ, т
1	2	3	4	5	6	7	8
2019	Зап. Двина	2994	317	69	4029	12,4	24,8
	Неман	2183	236	51	5057	22,6	26,7
	Зап. Буг	5510	684	266	3210	43,7	85,5
	Днепр	3074	371	106	4685	53,0	23,3
	Сож	2116	244	50	2578	33,1	34,5

Окончание таблицы 8.8

1	2	3	4	5	6	7	8
2020	Березина	5312	1111	202	10544	45,1	109,0
	Свислочь	1994	223	29	2966	50,4	43,2
	Припять	4593	643	104	4384	43,5	69,6
	Зап. Двина	2945	356	54	2794	13,2	23,2
	Неман	1541	276	57	6624	24,1	33,3
	Зап. Буг	4075	1170	312	3480	42,9	105,3
	Днепр	2400	355	86	4464	26,8	24,9
	Сож	1792	238	56	2695	8,4	68,6
	Березина	4643	925	148	8436	38,2	110,3
2021	Свислочь	1807	276	41	3360	35,2	69,0
	Припять	4267	554	84	5208	45,4	83,8
	Зап. Двина	3113	305	55	2835	14,0	22,2
	Неман	2462	216	57	5198	22,8	35,3
	Зап. Буг	3423	700	260	6291	29,3	88,4
	Днепр	2565	294	85	4550	20,8	23,9
	Сож	1536	185	51	2809	44,8	52,2
	Березина	4526	730	131	7694	63,0	101,9
	Свислочь	1472	275	44	3372	43,4	64,7
2022	Припять	4050	567	81	4098	38,4	109,3
	Зап. Двина	3186	317	90	4243	15,8	21,9
	Неман	2835	216	67	6736	31,1	35,8
	Зап. Буг	4781	869	310	3372	41,4	89,0
	Днепр	3287	387	100	5512	25,0	31,2
	Сож	2000	216	56	3144	48,0	56,4
	Березина	5931	827	158	9636	72,8	88,5
	Свислочь	2192	352	56	5104	52,2	79,2
	Припять	5203	752	129	5353	44,6	102,1

Ущерб от загрязнения и истощения почв.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения и истощения почв рассчитывается по формуле

$$Y_n = Y_1 + Y_2 + Y_3, \quad (8.5)$$

где Y_n – экономический ущерб от деградации и загрязнения почв, р.;

Y_1 – экономический ущерб от деградации почв, р.;

Y_2 – экономический ущерб от загрязнения почв химическими веществами на полигонах промышленных и коммунальных отходов, р.;

Y_3 – экономический ущерб от размещения отходов на полигонах, р.

Экономическая оценка ущерба от деградации почв производится по формуле

$$Y_1 = H_c \cdot S \cdot K_g \cdot k, \quad (8.6)$$

где H_c – норматив стоимости земель (таблица 8.9), р./га;

S – площадь деградировавших земель (таблица 8.10), га;

K_9 – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (таблица 8.11);

k – коэффициент, учитывающий рост цен, определяется по таблице 8.3.

Экономическая оценка ущерба от загрязнения почв химическими веществами на полигонах промышленных и коммунальных отходов проводится по формуле

$$Y_2 = H_c \cdot S \cdot K_9 \cdot K_{хим} \cdot k, \quad (8.7)$$

где H_c – норматив стоимости земель (см. таблицу 8.9), р./га;

S – площадь земель под полигонами промышленных и коммунальных отходов (таблица 8.12), га;

K_9 – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (см. таблицу 8.11);

k – коэффициент, учитывающий рост цен, определяется по таблице 8.3;

$K_{хим}$ – повышающий коэффициент при загрязнении земель несколькими химическими веществами, $K_{хим} = 1,43$.

Экономическая оценка ущерба от размещения отходов на полигонах определяется как затраты на складирование и переработку твердых отходов и рассчитывается по формуле

$$Y_3 = H_c \cdot m \cdot K_9 \cdot K_o \cdot k, \quad (8.8)$$

где H_c – норматив платы за размещение 1 т отходов на полигоне, р./га;

m – масса удаленных отходов за отчетный период времени (таблица 8.13), т;

k – коэффициент, учитывающий рост цен, определяется по таблице 8.3;

K_9 – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (таблица 8.11);

K_o – коэффициент, учитывающий степень опасности отходов, для обобщенной оценки, принимается равным 1.

Оценка экономического ущерба может проводиться для недр, биологических ресурсов, физических факторов загрязнения окружающей среды и включаться в оценку суммарного экономического ущерба от загрязнения окружающей среды.

Таблица 8.9 – Нормативная стоимость земель сельскохозяйственного назначения

Область	Стоимость земель, р./га
Брестская	528
Витебская	295
Гомельская	406
Гродненская	693
Минская	652
Могилевская	494

Таблица 8.10 – Площадь деградированных земель по областям

В тысячах гектар

Область	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Брестская	4,7	3,9	3,5	3,6
Витебская	4,6	4,9	5,2	5,3
Гомельская	2,9	3,2	3,2	3,4
Гродненская	4,6	4,5	4,0	4,2
Минская	6,0	6,1	6,7	6,8
Могилевская	2,6	2,5	2,7	2,8

Таблица 8.11 – Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории

Область	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории
Брестская	2,8
Витебская	1,65
Гомельская	2,95
Гродненская	3,5
Минская	3,35
Могилевская	1,8

Таблица 8.12 – Общая площадь полигонов промышленных и бытовых отходов по областям Беларуси

Область	Полигон для размещения промышленных отходов		Полигон для размещения коммунальных отходов	
	Количество	Общая площадь, га	Количество	Общая площадь, га
Брестская	9	88,3	27	161,1
Витебская	12	101,3	27	127,4
Гомельская	16	569,2	25	156,2
Гродненская	8	28,79	21	125,1
Минская	13	1462,6	38	231,6
Могилевская	10	128,4	19	83,3

Таблица 8.13 – Удаление промышленных и коммунальных отходов по областям Беларуси

В тысячах тонн

Область	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	2	3	4	5
<i>Промышленные отходы</i>				
Брестская	180	130	129	118
Витебская	162	89	113	92
1	2	3	4	5
Гомельская	1630	1549	1420	1028
Гродненская	993	506	459	404
Минская	38991	39742	41983	23554
Могилевская	753	753	441	422
<i>Твердые коммунальные отходы</i>				
Брестская	385	395	390	392

Окончание таблицы 8.13

1	2	3	4	5
Витебская	354	420	415	412
Гомельская	456	458	460	463
Гродненская	359	322	336	340
Минская	1021	1092	1086	1090
Могилевская	358	366	360	362

8.2 Практическая часть

Задача. Определите суммарный экономический ущерб в результате хозяйственной деятельности для одной из областей Беларуси за год. Исходные данные для расчета приведены в таблицах 8.3–8.13.

Методические указания к выполнению задачи.

1 Расчет ущерба от загрязнения атмосферного воздуха:

- определить удельный ущерб от единицы выбросов по формуле (8.3). Базовый норматив платы за выброс 1 т ЗВ принять 318 р.;
- определить коэффициент относительной опасности загрязнения для области по формуле (8.4);
- рассчитать приведенную массу выбросов. Результаты расчетов представить в виде таблицы 8.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу приведены в таблице 8.6;
- определить ущерб по формуле (8.2).

2 Расчет ущерба от загрязнения водных объектов:

- определить удельный ущерб от единицы выбросов по формуле (8.3). Базовый норматив платы за сброс 1 т ЗВ принять 312 р.;
- принять коэффициент относительной опасности загрязнения по бассейну реки (см. таблицу 8.7);
- рассчитать приведенную массу выбросов. Результаты расчетов представить в виде таблицы 8.2. Сбросы загрязняющих веществ по бассейнам рек представлены в таблице 8.8;
- определить ущерб по формуле (8.2).

3 Расчет ущерба от деградации и загрязнения земель производится, используя формулы (8.5)–(8.8) и таблицы 8.9–8.13. Норматив платы за размещение 1 т отходов на полигоне принять 113 р.

4 Расчет суммарного ущерба от загрязнения окружающей среды производится по формуле (8.1).

5 Сделать выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Что понимается под эколого-экономическим ущербом?
- 2 Какие методы оценки эколого-экономического ущерба существуют?

Список литературы

- 1 **ЭкоНиП 17.01.06-001–2017.** Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности [Электронный ресурс]: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь, 18 июля 2017 г., № 5-т // Эталон – Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 20.04.2024.
- 2 **ТКП 17.06-08–2012 (02120).** Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод. – Минск: Минприроды, 2012. – 73 с.
- 3 Инструкция о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс]: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь, 23 июня 2009 г., № 42 // Эталон-Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – Режим доступа: <https://pravo.by>. – Дата доступа: 20.04.2024.
- 4 Инструкция о порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Электронный ресурс]: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь, 23 июня 2009 г., № 43 // Эталон-Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – Режим доступа: <https://pravo.by>. – Дата доступа: 22.04.2024.
- 5 Инструкция о порядке отнесения объектов воздействия на атмосферный воздух к определенным категориям [Электронный ресурс]: постановление М-ва ПР и ООС Респ. Беларусь, 29 мая 2009 г., № 30 // Эталон-Беларусь / НЦПИ. – Минск, 2019. – Режим доступа: <https://pravo.by>. – Дата доступа: 22.04.2024.
- 6 Основы экологии: курс лекций / А. В. Щур [и др.]. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2014. – 142 с.: ил.
- 7 **Челноков, А. А.** Общая и прикладная экология: учебное пособие / А. А. Челноков, К. Ф. Саевич, Л. Ф. Ющенко; под общ. ред. К. Ф. Саевича. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – 654 с.: ил.
- 8 **Шаршунов, В. А.** Очистка сточных вод и утилизация их отходов: справочное пособие / В. А. Шаршунов. – Минск : Мисанта, 2020. – 642 с.
- 9 Экология : учебник и практикум для вузов / Под общ. ред. А. В. Тотая, А. В. Корсакова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 352 с.
- 10 Экология: учебник / А. В. Щур [и др.]. – Рязань: ИП Викулов К. В., 2021. – 248 с.