

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет**

**Кафедра метрологии, приборостроения
и управления качеством**

ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИЗЛУЧЕНИЯ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 12.03.01*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

УДК 504.064 (073)

ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИЗЛУЧЕНИЯ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ:

Методические указания к практическим занятиям. Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.С. Уманский, М.В. Волкодаева*. СПб, 2020. 34 с.

Методические указания содержат краткие теоретические сведения, порядок решения задачи и выполнения практической работы. Выполнение практических работ позволит студенту сформировать необходимые компетенции.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 12.03.01 «Приборостроение».

Научный редактор доц. *Э.А. Кремчев*

Рецензент *М.Ю. Коротеев* (ООО «КОНСТАНТА»)

Задание 1 «Загрязнение окружающей среды и здоровье населения»

1. Теоретические основы практической работы

Основным критерием, на основании которого разрабатываются мероприятия по защите здоровья населения от воздействия неблагоприятных экологических факторов, является отсутствие риска для здоровья людей, проживающих в зоне действия этих факторов. Критерием же отсутствия риска является достижение так называемого «приемлемого риска».

Риск – понятие сложное. Оно включает в себя как вероятность возникновения нежелательных (опасных) событий, так и их последствий. Для характеристики риска трудно найти универсальную единицу измерений. В вероятностной интерпретации риск – величина безразмерная.

В последние годы в странах Запада и в России наблюдается тенденция перехода от специальных видов мониторинга к комплексному мониторингу. В этой связи особое значение приобретает такое понятие, как экологический риск. Экологический риск, по сути, оценивает степень отклонение состояния естественных и искусственных экосистем от оптимального состояния и напрямую связан с состоянием и функционированием объектов хозяйственной деятельности. При этом мера экологического риска должна выступать составляющей при оценке состояния и качества окружающей среды.

Загрязнение окружающей среды – сложный динамический процесс, сопровождающийся серьезными последствиями. К последним относятся:

- нежелательные потери вещества, энергии, труда, материалов.
- необратимое разрушение, как отдельных экологических систем, так и биосферы в целом.
- потеря плодородия почв и снижение биологической продуктивности.
- ухудшение физического и морального состояния человека

как главной производительной силы общества.

Разрабатывая критерии, позволяющие оценить экономические и социальные ущербы, вызванные ухудшением качества окружающей среды, специалисты этих организаций выделили три вида ущербов, причиненных человечеству:

- ущербы, связанные с ухудшением здоровья;
- ущербы для производительности;
- ущербы, связанные с деградацией окружающей среды.

Факторы загрязнения окружающей среды, влияющие на здоровье людей, в цивилизованных странах мира считаются приоритетными.

Методология оценки риска здоровью, при проведении медико-экологической и гигиенической экспертиз, подразумевает проведение четырех основных этапов:

- идентификация опасности.
- оценка экспозиции.
- оценка зависимости «доза-эффект».
- характеристика риска.

В зависимости от формы материи загрязнения окружающей среды подразделяют: на вещественные (ингредиентные); энергетические (параметрические); вещественно-энергетические. К первым относят: механические, химические и биологические загрязнения, которые обычно объединяют общим понятием – примеси. Ко вторым – тепловые, акустические, электромагнитные и ионизирующие излучения, а также излучения оптического диапазона. К третьим - радионуклеиды.

2. Задание для расчета

В приведенной задаче необходимо определить массу чистого воздуха для нейтрализации вредных примесей (загрязнителей атмосферы), выделяемых автотранспортом. Исходные данные для задачи приведены в Таблице 1. Вариант выбирается студентом исходя из номера по списку в журнале.

Расчет производится для трассы в 1 км.

Определение видов и количества транспортных средств на трассе длиной в 1 км за 1 час (Таблица 1):

L_1 – количество единиц легкового автотранспорта (ед.);

L_2 – количество единиц грузового автотранспорта (ед.);

L_3 – количество автобусов (ед.);

L_4 – количество единиц дизельного транспорта (ед.).

Определение расхода топлива в зависимости от вида автотранспортного средства, (л) производится по формуле:

$$Q = L \cdot y,$$

где y – удельный расход топлива на 1 км пути для определенных видов автотранспортных средств, л/км (таблица 2); Q_1 – расход бензинового топлива; Q_2 – расход дизельного топлива.

Определение общего количества примесей (загрязнителей атмосферы), л производится по формуле:

$$P = Q \cdot Y,$$

где Y – коэффициент загрязнения атмосферы при сгорании определенного вида топлива (таблица 3).

Определение количеств конкретных загрязнений атмосферы производится по формулам:

$$P_{CO} = Q \cdot Y_{CO}$$

$$P_{CO_2} = Q \cdot Y_{CO_2}$$

$$P_{NO} = Q \cdot Y_{NO}$$

Q – расход соответствующего вида топлива.

Определение массы чистого воздуха по каждому загрязнителю производится по формуле:

$$M = \frac{P \cdot V_m}{22,4}$$

где V_m – молекулярная масса CO, CO₂, NO;

22,4 л – объем, который при нормальных условиях занимает грамм-молекула любого газа.

Таблица 1

Тип транспорта	Варианты				
	1	2	3	4	5
Легковой	200	-	300	200	400
Грузовой	-	400	-	-	-
Автобусы	50	-	-	-	80
Дизельный	-	200	-	20	-

Окончание табл. 1

Тип транспорта	Варианты				
	6	7	8	9	10
Легковой	300	100	200	150	-
Грузовой	-	-	-	300	200
Автобусы	-	100	-	-	400
Дизельный	120	-	200	-	-

Таблица 2

Удельные расходы топлива на 1 км пути для различных видов автотранспорта (γ)

Вид автотранспорта	Удельный расход топлива, л/км
Легковой	0,11-0,13
Грузовой	0,29-0,33
Автобусы	0,41-0,44
Дизельный	0,31-0,34

Таблица 3

Коэффициенты загрязнения атмосферного воздуха при сгорании определенного вида топлива (Y)

Вид топлива	Загрязняющие примеси		
	CO	CO ₂	NO
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Задание 2 «Сравнение ПДК различных загрязняющих веществ. Загрязнение атмосферного воздуха в различных регионах РФ.»

1. Теоретические основы практической работы

Основным критерием, на основании которого разрабатываются мероприятия по защите здоровья населения от воздействия неблагоприятных экологических факторов, является отсутствие риска для здоровья людей, проживающих в зоне действия этих факторов. Критерием же отсутствия риска является достижение так называемого «приемлемого риска».

Для оценки состояния качества атмосферного воздуха применяются различные методы. Один из них состоит в том, что

содержание каждого из загрязняющих веществ концентрация, выраженная в мг/м³ сопоставляется с некоторым базовым уровнем на предмет соответствия, на основании чего делается соответствующий вывод. Наиболее часто в качестве уровня отсчета принимаются значения ПДК – предельно допустимой концентрации и ОБУВ – ориентировочные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ. Этот подход традиционен и применяется на протяжении нескольких десятилетий в подавляющем большинстве стран мира.

Оценка качества атмосферного воздуха на основе расчета по формуле Аверьянова.

Согласно предлагаемому подходу, сумма относительных концентраций ЗВ, содержащихся в атмосферном воздухе, не должна превышать единицы, то есть:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \frac{C_3}{\text{ПДК}_3} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

Где $C_{1,2,3\dots n}$ – концентрации контролируемых ЗВ, $\text{ПДК}_{1,2,3\dots n}$ – предельно допустимые концентрации тех же соединений.

При оценке качества атмосферного воздуха могут быть использованы три основных типа ПДК – ПДКсс – среднесуточное, ПДКсм – среднемесячное, ПДКсг – среднегодовое.

Таблица 4

Приоритетные ЗВ, их ПДК и класс опасности

№ п/п	Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности, q
		Максимально-разовая, ПДК _{мр}	Среднесуточная, ПДК _{сс}	
1	Диоксид серы, SO ₂	0,500	0,1500	3
2	Оксид углерода, CO	5,000	3,0000	4
3	Диоксид азота, NO ₂	0,085	0,0400	2
4	Озон, O ₃	0,160	0,0300	1
5	Соединения свинца	-	0,0003	1
6	Пыль неорганическая	0,500	0,1500	3
7	Бензин – пары	5,000	1,5000	4

Окончание табл. 4

№ п/п	Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности, q
		Максимально- разовая, ПДК _{мр}	Среднесуточная, ПДК _{сс}	
8	Сажа	0,150	0,0500	3
9	Оксид азота, NO	0,400	0,0600	3
10	Кислота азотная, HNO ₃	0,400	0,1500	2
11	Кислота серная, H ₂ SO ₄	0,300	0,1000	2
12	Фенол	0,01	0,0030	2
13	Бензапирен	-	0,0010	1

Если формула Аверьянова при подстановке всех трех типов ПДК выполняется, то экологическая обстановка территории по атмосферному воздуху, для которой проводится оценка, считается благополучной.

2. Задание для расчета

Исходные данные для решения задачи приведены в таблице 5. Проверку необходимо осуществить с использованием разного количества учитываемых факторов.

Таблица 5

Концентрации вредных компонентов в атмосфере в 1998 и 2005 годах

№ п/п	Среднегодовые концентрации, мкг/м ³									
	NO ₂		SO ₂		CO		NO		Пыль	
	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005
1	108	120	5	6	1200	1300	48	72	150	210
2	152	170	5	6	1200	1400	20	32	195	200
3	72	90	5	6	1200	1300	60	34	165	220
4	80	110	4	5	900	1200	72	24	300	320
5	72	92	5	5	900	1200	32	24	105	120
6	80	94	5	5	900	1200	34	64	105	130

Окончание табл. 5

№ п/п	Среднегодовые концентрации, мкг/м ³									
	NO ₂		SO ₂		CO		NO		Пыль	
	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005	1998	2005
7	80	89	4	7	900	1200	24	70	210	230
8	112	120	5	7	900	1200	24	50	200	230
9	164	190	4	7	1200	1200	64	20	105	130
10	140	160	5	5	900	1200	70	60	105	120
11	20	40	6	5	1200	1300	50	72	80	100
12	60	80	10	5	1200	1400	20	32	105	110
13	72	80	5	7	1200	1300	60	34	105	120
14	32	60	5	7	900	1200	20	24	90	110
15	104	140	7	7	900	1200	60	24	195	220
16	24	35	2	4	900	1300	72	64	200	240
17	24	40	3	4	900	1400	32	70	165	180
18	64	80	3	4	900	1300	44	50	195	220
19	70	90	4	4	1200	1400	24	20	200	240
20	50	70	4	3	900	1300	24	60	200	220
21	108	120	5	6	1200	1300	48	72	150	170

Для решения необходимо:

1. Подставить в формулу 1 значения концентраций ЗВ и ПДК и проверить неравенство Аверьянова на его выполнимость для 1998 и 2005 года;

2. Прокомментировать полученные результаты и дать свою оценку экологического состояния атмосферного воздуха по каждому отдельному ЗВ;

3. Оценить состояние атмосферного воздуха с помощью обобщенного показателя, который рассчитать по формуле:

$$X_{об} = 1/n \sum (C_i / ПДК_i)$$

Если значение $X_{об}$ меньше или вблизи единицы ($\pm 5\%$), то состояние воздуха удовлетворительное, если значение $X_{об}$ больше

единицы, то качественна характеристика уровня загрязнения определяется с использованием данных таблицы 6.

Таблица 6

Качественная характеристика уровня загрязнения воздуха по величине превышения ПДК по отдельным компонентам или по обобщенному параметру

$X_{об}$		
№ класса	С/ПДКсс или $X_{об}$	Качественная оценка уровня загрязнения
1	8	Катастрофическая
2	7	Запредельная
3	6	Критическая
4	5	Опасная
5	4	Допустимая
6	3	Приемлемая
7	2	Удовлетворительная
8	1	Хорошая

Задание 3 «Загрязнение поверхностных вод в различных регионах РФ»

я

1.я Георетические основы практической работы

Задача посвящена оценке экологической ситуации в регионе путем расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) и показателя химического загрязнения (ПХЗ-10) водоема.

Данные, приведенные в задаче, получены от гидрохимической лаборатории, проводившей анализ проб воды Финского залива, из Голубых озер, а также из различных ручьев и стоков, впадающих в Финский залив в области Карельского перешейка. Для всех проб определялись потребительские характеристики.

Расчет ИЗВ и ПХЗ-10 базируется на «Временных методических указаниях по комплексной оценке качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям» и

документом Минприроды России «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологических бедствий».

2. Задание для расчета

Для решения необходимо определить класс качества воды и экологическую ситуацию региона на основе расчета индекса загрязнения воды (ИЗВ) и показателя химического загрязнения (ПХЗ-10) водоема:

1. Исходные данные (таблица 7).

2. По величине ИЗВ (таблица 8) определить класс качества воды. Расчет индекса производится по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}}{6}$$

где C_i – среднее за год значение i -го показателя; ПДК_i – предельно-допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества; 6 - заданное число показателей, выбранных из (таблица 4), включая в обязательном порядке растворенный кислород и биохимическое потребление кислорода (БПК).

3. Для оценки экологической обстановки региона используется (таблица 9).

4. Расчет ПХЗ-10 производится по формуле:

$$\text{ПХЗ} - 10 = \sum_{i=1}^{10} \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$$

Для расчета используются 10 показателей (таблица 7).

Таблица 7

Исходные данные для задачи

№ п.п.	Ингредиенты, входящие в состав воды	ПДК, мг/л	Среднегодовая концентрация ингредиента, мг/л				
			Варианты				
			1	2	3	4	5
1	БПК /Биохимическое потребление кислорода/	2	2,56	2,68	2,62	2,76	2,86
2	Растворенный кислород	6	10,08	8	9	11	9,2
3	Аммиак	2	0,145	1,21	0,5	2,5	0,2
4	Нитриты	3	0,2	0,1	0,35	0,1	0,15
5	Нитраты	45	12,7	15	10	8	20
6	Хлориды	350	31,6	40	20	10	35
7	Сухой остаток	1000	380	300	200	250	320
8	Железо общее	0,3	0,02	0,04	0,08	0,27	0,31
9	Сульфаты	500	31,8	32	30	25	40
10	Нефтепродукты	0,10	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05
			6	7	8	9	10
1	БПК /Биохимическое потребление кислорода/	2	2,58	2,8	2,9	2,82	2,78
2	Растворенный кислород	6	11,5	9,4	12	10	11
3	Аммиак	2	0,4	0,3	0,7	0,7	0,6
4	Нитриты	3	0,4	0,5	0,2	1,8	10
5	Нитраты	45	10	5	4	13	10
6	Хлориды	350	45	50	40	60	30
7	Сухой остаток	1000	270	220	230	350	310
8	Железо общее	0,3	0,15	0,1	0,1	0,04	0,03
9	Сульфаты	500	42	27	30	32	38
10	Нефтепродукты	0,10	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07

Таблица 8

Классы качества и характеристики воды

№№ п.п.	Наименование	Величина ИЗВ
1	Очень чистая	$\leq 0,2$
2	Чистая	$> 0,2 - 1$
3	Умеренно загрязненная	1 – 2
4	Загрязненная	2 – 4
5	Грязная	4 – 6
6	Очень грязная	6 – 10
7	Чрезвычайно грязная	>10

Таблица 9

Зависимость экологической ситуации региона и классов опасности от ПХЗ-10

ПХЗ-10 для классов опасности	Экологическое бедствие	Чрезвычайная ситуация	Удовлетворительная ситуация
I-II	>80	35-80	1
III-IV	>500	500	10

я

Задание 4 «Загрязнение почв в различных регионах РФ»

я

1. Теоретические основы практической работы

я

Ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных факторов выражается прежде всего в деградации почв и земель, загрязнении земель химическими веществами, захлавлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного размещения отходов.

Экономическая оценка величины ущерба от деградации почв и земель определяется по формуле:

$$У_{зем} = Нс \cdot S \cdot Кэ \cdot Кос$$

где $Нс$ — норматив стоимости земель, тыс. руб./га (таблица 10); S — площадь почв и земель, деградировавших в отчетном

периоде времени, га; $K_э$ — коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории (таблица 11); $K_{ос}$ — коэффициент для особо охраняемых территорий (таблица 12).

Экономическая оценка ущерба от загрязнения земель химическими веществами проводится по формуле:

$$Узем = (H_c \cdot S_i \cdot K_э \cdot K_{ос}) \cdot K_{хим}$$

где S_i — площадь земель, загрязненных химическим веществом i -го вида в отчетном году, га; $K_{хим}$ — повышающий коэффициент при загрязнении земель несколькими (n) химическими веществами

$$K_{хим} = 1 + 0,2(n - 1) \text{ при } n < 10 \\ 3 \text{ при } n > 10.$$

Экономическая оценка ущерба от захламления земель несанкционированными свалками производится по формуле:

$$Узем = (H_c \cdot S_i \cdot K_э \cdot K_{ос})$$

где S_i — площадь земель, захламленных в отчетном периоде отходами i -ого вида, га.

т. задание для расчета

Произвести расчет экономической оценки величины ущерба от деградации почв и земель, от загрязнения земель химическими веществами от захламления земель несанкционированными свалками. В качестве экономического региона студент выбирает регион своего рождения и три соседних региона. Исходные данные для задач приведены в таблицах 10, 11, 12.

Таблица 10

Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд (H_c)

Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий	Руб./га
1 зона: Республика Карелия, Коми; Архангельская, Мурманская области; Ненецкий АО	127
2 зона: Республики Марий-Эл, Удмуртская; Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Калужская, Тверская, Кировская, костромская, Новгородская, Пермская, Псковская, Смоленская, Ярославская области; Коми-Пермяцкий АО	124

Окончание табл. 10

Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий	Руб./га
3 зона: Чувашская Республика; Нижегородская, Орловская, Рязанская, Тульская области	156
4 зона: Республики Мордовия, Татарстан; Белгородская, Воронежская, Самарская, Курская, Липецкая, Пензенская, Тамбовская, Ульяновская области	206
5 зона: Республика Калмыкия; Астраханская, Волгоградская, Саратовская области	174
6 зона: Республика Адыгея, Краснодарский край	270
7 зона: Республики Дагестан, Ингушская, Кабардино-Балкарская, Карачаево-Черкесская, Северная Осетия, Чечня; Ставропольский край; Ростовская область	259
8 зона: Республика Башкортостан, Курганская, Оренбургская, Свердловская, Челябинская области	147
9 зона: Республика Алтай, Алтайский край, Новосибирская, Омская, Томская и Тюменская области; Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий АО	177
10 зона: Республики Бурятия, Тува, Хакасия; Красноярский край; Иркутская, Читинская области; Бурятский АО, Таймырский АО	188
11 зона: Республика Саха; Приморский, Хабаровский края; Камчатская, Магаданская, Сахалинская области; Еврейская АО, Корякский АО, Чукотский АО	51
12 зона: Калининградская, Ленинградская области и г. Санкт-Петербург	81
13 зона: Москва и Московская область	130

Таблица 11

Коэффициенты (Кэ) экологической ситуации и экологической значимости территории

Экономические районы Российской Федерации	Кэ
Северный	1,4
Северо-Западный	1,3
Центральный	1,6
Волго-Вятский	1,5
Центрально-Черноземный	2,0
Поволжский	1,9
Северо-Кавказский	1,9

Окончание табл. 11

Экономические районы Российской Федерации	$K_э$
Уральский	1,7
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,1
Дальневосточный	1,1

Таблица 12

Коэффициенты ($K_{ос}$) для особо охраняемых территорий

Почвы и земли в пределах особо охраняемых территорий	$K_{п}$
Земли природно-заповедного фонда	3
Земли природоохранного, оздоровительного и историко-культурного назначения	2
Земли рекреационного назначения	1,5
Прочие земли	1,0

Задание 5 «Оценка уровня выбросов вредных веществ в атмосферу»

1. Теоретические основы практической работы

Для промышленного предприятия, расположенного на ровной местности,

1) рассчитать величину максимальной концентрации вредного вещества у земной поверхности, прилегающей к предприятию, при выбросе из трубы нагретой газовой смеси;

2) определить расстояние от источника выброса, на котором достигается величина максимальной приземной концентрации вредных веществ (по оси факела);

3) определить фактическую концентрацию вредного вещества у поверхности земли с учетом фонового загрязнения воздуха и дать оценку рассчитанного уровня загрязнения воздуха в приземном слое промышленными выбросами путем сравнения со среднесуточной предельно допустимой концентрацией (ПДК);

4) определить опасную скорость ветра и рассчитать значения приземных концентраций вредных веществ в атмосфере по оси

факела выброса на расстояниях 50 м и 500 м от источника выброса;
 5) рассчитать предельно допустимый выброс вредного вещества.

Таблица 13

Варианты для выполнения задания

Исходные данные заданию к									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фоновая концентрация вредного вещества в воздухе $C_{\text{ф}}$, мг/м ³	0,02	0,9	0,01	0,01	0,01	1,5	0,01	0,01	0,03
Масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, M , г/с	0,8	7,6	0,4	0,2	0,7	7,5	0,3	0,7	0,9
Объем газовой смеси, выбрасываемой из трубы, Q , м ³ /с	2,4	2,7	3,1	3,3	2,9	2,4	2,8	2,9	3,2
Разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой окружающего воздуха ΔT , °C	12	14	16	18	13	15	17	12	16
Высота трубы H , м	21	23	25	22	24	21	23	24	25
Диаметр устья трубы, D , м	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8
Выбрасываемые вредные вещества	1	2	3	4	1	2	3	4	1

Примечание. В таблице цифрами обозначены выбрасываемые вещества: 1 - оксид азота (NO); 2 - оксид углерода (CO); 3 - диоксид азота (NO₂); 4 - диоксид серы (SO₂).

т. задание для расчета

1. Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m , мг/м³, при выбросе нагретой газовой смеси из одиночного источника при неблагоприятных метеорологических условиях определить по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе (для Московского региона равен 140).

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе (для газообразных вредных веществ $F = 1$);

η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной местности $\eta = 1$);

m , n - безразмерные коэффициенты, вычисляемые согласно п.б.

Для определения C_m необходимо:

а) рассчитать среднюю линейную скорость w_0 , м/с, выхода газовой смеси из устья источника выброса:

$$w_0 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

б) значения коэффициентов m и n определить в зависимости от параметров f и v_m :

$$f = 1000 \frac{w_0 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \Delta T}{H}}$$

в) коэффициент m определить в зависимости от f по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}$$

1. Геотехнологические основы практической работы

Технологический цикл одного из предприятий требует потребления значительных количеств воды. Источником является расположенная недалеко от предприятия река. Пройдя технологический цикл, вода почти полностью возвращается в реку в виде сточных вод промышленного предприятия. В зависимости от профиля предприятия сточные воды могут содержать самые различные вредные по санитарно-токсикологическому признаку химические компоненты. Их концентрация, как правило, во много раз превышает концентрацию этих компонентов в реке. На некотором расстоянии от места сброса сточных вод вода реки берется для нужд местного водопользования самого разного характера (например, бытового, сельскохозяйственного). В задаче необходимо вычислить концентрацию наиболее вредного компонента после разбавления водой реки сточной воды предприятия в месте водопользования и проследить изменение этой концентрации по фарватеру реки. А также определить предельно допустимый сток (ПДС) по заданному компоненту в стоке.

1.1. Задача для расчета

Характеристика реки: скорость течения – V , средняя глубина на участке – H , расстояние до места водопользования – L , расход воды водотока в месте водозабора – Q , шаг, с которым необходимо проследить изменение концентрации токсичного компонента по фарватеру реки – LS . Характеристика стока: вредный компонент, расход воды предприятием (объем сточной воды) – q , концентрация вредного компонента – C , предельно допустимая концентрация – ПДК.

Многие факторы: состояние реки, берегов и сточных вод влияют на быстроту перемещения водных масс и определяют расстояние от места выпуска сточных вод (СВ) до пункта полного смешивания. Выпуск в водоемы сточных вод должен, как правило, осуществляться таким образом, чтобы была обеспечена возможность полного смешивания сточных вод с водой водоема в месте их спуска (специальные выпуски, режимы, конструкции). Однако приходится

считаться с тем фактом, что на некотором расстоянии ниже спуска СВ смешивание будет неполным. В связи с этим реальную кратность разбавления в общем случае следует определять по формуле:

$$K = \frac{\gamma \cdot Q + q}{q}$$

где γ – коэффициент, степень разбавления сточных вод в водоеме.

Условия спуска сточных вод в водоем принято оценивать с учетом их влияния у ближайшего пункта водопользования, где следует определять кратность разбавления. Расчет ведется по формулам:

$$\gamma = \frac{1 - \beta}{1 + \left(\frac{Q}{q}\right) \cdot \beta}$$

$$\beta = EXP(-\alpha \cdot \sqrt[3]{L})$$

где α – коэффициент, учитывающий гидрологические факторы смешивания.

L – расстояние до места водозабора.

$$\alpha = \varepsilon \cdot \left(\frac{L_{\phi}}{L_{\text{пр}}}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}$$

где ε – коэффициент, зависящий от места стока воды в реку: при выпуске у берега $\varepsilon=1$, при выпуске в стержень реки (место наибольших скоростей) $\varepsilon=1,5$; $L_{\phi}/L_{\text{пр}}$ – коэффициент извилистости реки, равный отношению расстояния по фарватеру полной длины русла от выпуска СВ до места ближайшего водозабора к расстоянию между этими двумя пунктами по прямой; D – коэффициент турбулентной диффузии,

$$D = \frac{V \cdot H \cdot g}{2 \cdot m \cdot c}$$

где V – средняя скорость течения, м/с; H – средняя глубина, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; m – коэффициент Буссинского, равный 24; c – коэффициент Шези, который выбирают по таблицам. Однако в данной задаче предполагается, что

исследуемые реки являются равнинными, поэтому справедливо приближение:

$$D = \frac{V \cdot H}{200}$$

Реальная концентрация вредного компонента в водоеме в месте ближайшего водозабора вычисляется по формуле:

$$C_B = C / K$$

Эта величина не должна превышать ПДК (предельно допустимая концентрация).

Необходимо также определить, какое количество загрязняющих веществ может быть сброшено предприятием, чтобы не превышать нормативы. Расчеты проводятся только для консервативных веществ, концентрация которых в воде изменяется только путем разбавления, по санитарно-токсикологическому показателю вредности. Расчет ведется по формуле:

$$C_{\text{ст.пред.}} = K \cdot \text{ПДК},$$

где $C_{\text{ст.пред.}}$ – максимальная (предельная) концентрация, которая может быть допущена в СВ или тот уровень очистки СВ, при котором после их смешивания с водой у первого (расчетного) пункта водопользования степень загрязнения не превышает ПДК.

Предельно допустимый сток рассчитывается по формуле:

$$\text{ПДС} = C_{\text{ст.пред.}} \cdot q / C.$$

Далее необходимо построить график функции распределения концентрации вредного компонента в зависимости от расстояния до места сброса СВ по руслу реки с шагом LS , указанным в варианте: $F=C(L)$.

В результате вычислений должны быть получены следующие характеристики СВ

- кратность разбавления K ;
- концентрация в месте водозабора – C_B , мг/л;
- предельная концентрация в стоке – $C_{\text{ст.пред.}}$, мг/л;
- предельно допустимый сток – ПДС, мг/с;
- график функции $F=C(L)$.

Варианты для выполнения задания

Параметр	№								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вредный компонент	керосин	Cu	Cr	фенол	Pb	Zn	Cl	NaOH	Hg
ПДК, мг/л	0,7	0,02	0,01	0,35	0,01	0,02	1	0,5	0,01
Q, м ³ /с	20	30	40	50	60	70	80	10	50
q, м ³ /с	1	0,5	0,7	1,2	1	0,8	1,1	0,4	1
V, м/с	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	1,5	1
H, м	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	2	0,5	2
L, м	500	1000	1500	2000	1000	3000	1500	500	1000
LS, м	LS=L/5								
C, мг/л	1,5	0,1	0,06	2,0	0,04	0,18	5,5	1,5	0,06
Для всех вариантов	$\varepsilon=1; L_{\phi}/L_{np}=1$								

я

Задание 7 «Расчет платы за загрязнение атмосферы»

я

1. Задание для расчета

я

Определить размер платежей за загрязнение атмосферного воздуха при сжигании топлива (угля) в котельной, расположенной в городе Центрального экономического района РФ.

Общая плата за выбросы ЗВ в атмосферу от стационарных источников П, руб./год, определяется по формуле:

$$P = (P_H + P_L + P_{СЛ}) \cdot K_{и},$$

где P_H – плата за выбросы ЗВ в размерах, не превышающих установленных пользователю предельно допустимых нормативов выбросов (ПДВ), руб./год; P_L – плата за выбросы ЗВ в пределах установленных лимитов (временно согласованных выбросов – ВСВ), руб./год; $P_{СЛ}$ – плата за сверхлимитный выброс ЗВ, руб./год; $K_{и}$ – коэффициент индексации.

Плата за выбросы ЗВ в размерах, не превышающих ПДВ

$$P_H = \sum_{i=1}^n C_{Hi} \cdot M_{Hi} \text{ при } M_i > M_{Hi}$$

где i – вид загрязняющего вещества ($i=1, 2, \dots, n$); M_{Hi} – предельно допустимый выброс i -го ЗВ, т/год; M_i – фактический

выброс i -го ЗВ, т/год; C_{Hi} - ставка платы за выброс 1 тонны i -го ЗВ в пределах ПДВ, руб./т.

$$C_{Hi} = H_{бHi} \cdot K_{Э} \cdot K_{Г},$$

где $H_{бHi}$ - норматив платы за выброс 1 тонны i -го ЗВ в пределах ПДВ, руб./т (см. таблицу 18); $K_{Э}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в данном регионе (для Центрального экономического района РФ – 1,9); $K_{Г} = 1,2$, т.к. выбросы производятся в атмосферный воздух города.

Плата за выбросы ЗВ в пределах установленных лимитов (ВСВ)

$$P_{Л} = \sum_{i=1}^n C_{Ли} \cdot (M_{Ли} - M_{Hi}) \text{ при } M_i > M_{Ли}$$

где $M_{Ли}$ - выброс i -го ЗВ в пределах установленного лимита, т/год; $C_{Ли}$ - ставка платы за выброс 1 тонны i -го ЗВ в пределах установленного лимита, руб./т,

$$C_{Ли} = H_{бЛи} \cdot K_{Э} \cdot K_{Г},$$

где $H_{бЛи}$ - норматив платы за выброс 1 тонны i -го ЗВ в пределах установленного лимита, руб./т (см. таблицу 18).

Плата за сверхлимитный выброс ЗВ:

$$P_{СЛ} = 5 \sum_{i=1}^n C_{Ли} \cdot (M_i - M_{Ли})$$

Базовые нормативы платы за негативное воздействие на окружающую среду, утвержденные постановлением Правительства РФ № 410 от 01.07.2005 г., применяются с коэффициентом, учитывающим уровень инфляции (на 2019 Год установлен КИ = 1,67).

Таблица 16

Варианты для выполнения задания

Исходные данные	№								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса сожженного топлива, т/год	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Зольность топлива q_T , %	39	31	11	7	22	34	28	27	12

Исходные данные	№								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса загрязняющих веществ, образующихся при сгорании 1 т угля, d_i , кг/т									
d_2 - оксидов углерода	19	20	21	22	23	18	17	16	15
d_3 - оксидов азота	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,0	1,8	1,6	1,4
d_4 - оксидов серы	48	47	46	45	44	49	50	51	52
Коэффициент k_1	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5
Коэффициент k_1	0,5	0,7	0,9	0,9	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7

Учитываемыми загрязняющими веществами при определении размера платежей за загрязнение атмосферного воздуха являются: твердые частицы (сажа), оксид углерода (CO), диоксиды азота (NO₂) и серы (SO₂).

Определение размера платежей за загрязнение окружающей природной среды начинается с расчета массы валового выброса каждого из ЗВ (M_1).

Расчет массы валового выброса твердых частиц в дымовых газах котельной, т/год:

$$M_1 = q_T \cdot m \cdot f \cdot (1 - \varepsilon/100)$$

где q_T - зольность топлива, %; m - масса сожженного топлива, т/год; f - безразмерный коэффициент (в расчетах принять $f = 0,002$); ε - эффективность золоуловителя, % (в расчетах принять $\varepsilon = 85\%$).

Для остальных ЗВ массы выбросов CO, NO₂, SO₂, образующихся при сгорании 1 т топлива, приведены в таблице исходных данных. Валовой выброс i -го загрязняющего вещества, т/год:

$$M_i = d_i \cdot m \cdot 10^{-3}$$

где d_i – выброс i -го ЗВ при сгорании 1 т топлива, кг/т; m – масса сожженного топлива, т/год.

Нормативы ПДВ рассчитываются по соответствующим методикам. В случае, если значения ПДВ не могут быть достигнуты, предусматривается по согласованию с местными органами охраны природы и санитарного надзора поэтапное снижение выбросов. На каждом этапе устанавливаются временно согласованные выбросы (ВСВ).

В задании для полного выполнения расчета платежей значения ПДВ и ВСВ заданы, исходя из фактических выбросов M_i и коэффициентов k_1 и k_2 :

$$M_{Нi} = K_1 \cdot M_i, M_{Лi} = K_2 \cdot M_i$$

Расчет платы за выбросы ЗВ свести в таблицу, начерченную согласно образцу:

Таблица 17

	Загрязняющие вещества			
	Сажа	СО	NO ₂	SO ₂
Валовый выброс ЗВ M_i , т/год				
Норматив предельно допустимого выброса ПДВ $M_{Нi} = k_1 \cdot M_i$, т/год				
Выброс в пределах установленных лимитов $M_{Лi}$ $= k_2 \cdot M_i$, т/год				
Выбросы, не превышающие ПДВ				
Базовый норматив платы за 1 т ЗВ $H_{бНi}$, руб./т				
Ставка платы за выброс 1 т ЗВ $C_{Нi} = H_{бНi} \cdot K_{э} \cdot K_{г}$, руб./т				
Плата за выброс $П_{Нi} = C_{Нi} \cdot M_{Нi}$, руб./год				
Плата за выброс ПН = $\sum П_{Нi}$ руб./г.				
Выброс в пределах установленных лимитов				
Базовый норматив платы за 1 т ЗВ $H_{бЛi}$, руб./т				
Ставка платы за выброс 1 т				

$ЗВ\ C_{Лi} = Н_{бЛi} \cdot КЭ \cdot КГ,$ руб./т				
$(M_{Лi} - M_{Нi}),$ т/год				
Плата за выброс $П_{Лi} = C_{Лi} \cdot (M_{Лi} - M_{Нi}),$ руб./год				
Плата за выброс ПЛ = $\sum П_{Лi}$ руб./год				
Сверхлимитный выброс				
$(M_i - M_{Лi}),$ т/год				
Плата за выброс $П_{СЛi} = 5\ C_{Лi} \cdot (M_i - M_{Лi}),$ руб./год				
Плата за выброс ПСЛ = $\sum П_{СЛi}$ руб./год				
Общая плата				
$П = (П_{Н} + П_{Л} + П_{СЛ}) \cdot КИ,$ руб./год				

Таблица 18

Базовые нормативы платы за выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных и передвижных источников (утверждены постановлением Правительства РФ № 410 от 01.07.2005 г.)

Наименование загрязняющих веществ	Норматив платы за выброс 1 т загрязняющих веществ, руб.	
	В пределах допустимых нормативов выбросов (ПДВ)	В пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов выбросов – ВСВ)
Диоксид азота	52	260
Диоксид серы	80	400
Сажа	80	400
Оксид углерода	0,6	3

Задание 8 «Определение демографической емкости района застройки»

я

1. Теоретические основы практической работы

Для сохранения экологического равновесия в районе застройки определить его демографическую емкость. Итоговые результаты расчета изобразить в виде гистограммы, сделать их анализ и дать рекомендации. Для прогнозирования экологической ситуации в районе застройки проводят определение его демографической емкости. Демографическая емкость – это максимальное число жителей района, которое может быть в его границах при условии обеспечения наиболее важных повседневных потребностей населения за счет ресурсов рассматриваемой территории с учетом необходимости сохранения экологического равновесия. Под последним понимают такое состояние природной среды района, при котором может быть обеспечена саморегуляция и воспроизводство основных ее компонентов, т.е. атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвенного покрова, растительности и животного мира. При нарушении экологического равновесия на территории возможно возникновение экологического кризиса и даже экологического бедствия.

Методика состоит в определении и сопоставлении между собой шести частных демографических емкостей рассматриваемого района в следующем порядке.

1. Демографическая емкость, чел., по наличию территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства, определяется как:

$$D_1 = T_p \cdot K_1 \cdot \frac{1000}{H_1}$$

где T_p – территория района, га; K_1 – коэффициент, показывающий долю территории, получившей наивысшую оценку по пригодности для промышленного и гражданского строительства (принимается в пределах 0,03...0,06); H_1 – ориентировочная потребность в территории 1000 жителей в зависимости от характера

производственной базы района (берется 20...30 га). Этот показатель чаще всего бывает наибольшим. Однако в горных районах он может оказаться лимитирующим и обусловить демографическую емкость района застройки. В небольших по территории, но плотно заселенных районах целесообразно определять этот показатель дифференцированно для промышленности и населения.

2. Емкость территории, чел., по поверхностным водам определяется как

$$D_2 = E \cdot K_2 \cdot 1000/P$$

где E – сумма расходов в водотоках при входе в район, м³/сут; K_2 – коэффициент, учитывающий необходимость разбавления сточных вод (принимают на реках южного стока $K_2 = 0,25$, а северного стока $K_2 = 0,10$; P – нормативная водообеспеченность 1000 жителей (принимают от 1000 до 2000 м³/сут.).

3. Емкость территории, чел., по подземным водам определяется как

$$D_3 = \mathcal{E} \cdot T_p \cdot 1000/P_c$$

где \mathcal{E} – эксплуатационный модуль подземного стока, м³ (сут.га); P_c – специальный норматив водоснабжения 1000 жителей (принимают 40 м³/сут.).

4. Емкость территории, чел., по условиям организации отдыха в лесу определяется как

$$D_4 = T_p \cdot L \cdot 0,5 \cdot 10/(H_2 \cdot M_1)$$

где L – лесистость района, %; 0,5 – коэффициент, учитывающий необходимость зеленых зон городов средней полосы России (для других районов он может существенно меняться); H_2 – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в рекреационных территориях (принимают 200 га); M_1 – коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (принимают для районов с умеренным климатом $M_1 = 0,3$, а с жарким климатом ($M_1 = 0,1$)).

5. Емкость территории, чел., по условиям организации отдыха у воды определяется как

$$D_5 = 2B \cdot C \cdot 1000/(0,5 \cdot M_2)$$

где V – длина водотоков, пригодных для купания, км; C – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (принимают для районов лесной и лесостепной зон $C = 0,5$, а степной зоны $C = 0,3$); $0,5$ – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в пляжах, км; M_2 – коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (принимают для районов с умеренным климатом $M_2 = 0,1...0,15$, а с жарким климатом $M_2 = 0,3-0,4$).

6. Емкость территории, чел., по условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы определяется как

$$D_6 = T_p \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot 1000 / \Pi$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий долю территории района, включенную по результатам комплексной оценки в категории "благоприятные" и "ограниченно благоприятные" для сельского хозяйства; K_4 – коэффициент, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных земель под пригородную базу (принимают для районов средней полосы России $K_4 = 0,2...0,3$); Π – ориентировочный показатель, отражающий потребности 1000 жителей района в землях пригородной сельскохозяйственной базы (принимают в зависимости от агроэкономических характеристик территории $\Pi = 500...2000$ га). Полученные расчетные значения величин $D_1...D_6$ необходимо представить в виде гистограммы, сопоставить между собой и в качестве окончательного показателя демографической емкости района застройки принять наименьшее значение.

т. задание для расчета

я

1. Изучите методику расчетов.
2. Определите по формулам (1) – (6) частные коэффициенты $D_1 ... D_6$, принимая наибольшие и наименьшие значения величин входящих в ту или иную формулу.
3. Постройте гистограмму (по оси ординат принять равномерную сетку, например, 20, 40, 60, 80, 100 тыс. чел. и выше) демографической емкости района застройки, указав минимальные (сплошной линией) и максимальные (пунктирной линией) значения $D_1 ... D_6$ (их значения надо округлять до целого числа).

На гистограмме выделить зеленым цветом окончательный показатель емкости, т.е. наименьшее значение из коэффициентов D_1 ... D_6 , вычисленных им для территории района своего варианта задания.

5. Проанализируйте графический материал с целью выявления основных лимитирующих условий, которые ограничивают хозяйственное развитие района застройки, включая увеличение численности его населения.

6. Сделайте вывод о целесообразности освоения данного района застройки под промышленное и гражданское строительство, эксплуатации поверхностных и подземных вод, использовании лесов и водоемов для рекреационных целей, организации пригодной сельскохозяйственной базы.

7. Проанализируйте лимитирующие условия и предложите рекомендации, внедрение которых позволит увеличить численность населения в районе застройки. Эти рекомендации должны способствовать увеличению ($K_1, E, \Delta, L, B, C, K_3, K_4$) и уменьшению (H_1, P, H_2, M_1, M_2 и Π) параметров, входящих в формулы.

8. Сравните возросшие частные демографические емкости рассматриваемой территории и сделайте вывод о максимально возможной численности населения.

Таблица 19

Варианты для выполнения задания

№	Тр, га	K_1	Δ , м ³ /сут. га	E , м ³ /сут	L , %	B , км	K_3	K_4
1	305086	0,05	0,10	4 300 000	78	24	0,05	0,05
2	283948	0,04	0,08	3 600 000	40	22	0,05	0,05
3	180375	0,06	0,09	4 100 000	66	20	0,05	0,05
4	250917	0,05	0,09	3 200 000	67	28	0,05	0,05
5	204725	0,04	0,10	4 200 000	57	28	0,05	0,05
6	344314	0,03	0,08	4 000 000	67	27	0,05	0,05
7	195674	0,04	0,09	3 000 000	72	20	0,05	0,05
8	281577	0,06	0,07	3 500 000	84	21	0,05	0,05

9	216650	0,06	0,07	3 600 000	42	24	0,05	0,05
10	437836	0,03	0,07	4 400 000	50	28	0,05	0,05
11	178590	0,05	0,10	4 000 000	43	27	0,05	0,05
12	187082	0,05	0,10	3 800 000	30	26	0,05	0,05
13	97011	0,05	0,09	3 000 000	37	23	0,05	0,05
14	255724	0,03	0,08	3 100 000	48	22	0,05	0,05
15	203278	0,04	0,07	3 100 000	42	21	0,05	0,05
16	149562	0,05	0,07	2 900 000	31	20	0,05	0,05
17	187434	0,04	0,08	2 800 000	74	25	0,05	0,05
18	163299	0,04	0,09	2 800 000	74	23	0,05	0,05
19	187136	0,04	0,10	2 700 000	51	24	0,05	0,05
20	265937	0,05	0,10	2 700 000	62	20	0,05	0,05
21	118010	0,05	0,10	2 900 000	32	21	0,05	0,05
22	261184	0,03	0,09	3 000 000	82	22	0,05	0,05
23	267502	0,03	0,08	3 000 000	59	22	0,05	0,05
24	321610	0,03	0,09	4 300 000	71	28	0,05	0,05
25	238507	0,03	0,09	4 200 000	82	28	0,05	0,05

я

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ // СЗ РФ. 2002. № 2. Ст. 133.
2. Аксенова О.В. Экология /О.В. Аксенова, С.А. Боголюбов, А.Ф. Завальнюк, Е.Б. Михайлов. – М.: МИЭМ, 2010. – 133 с.
3. Башкин, В.Н. Экологические риски. Расчет, управление, страхование / В.Н. Башкин. – М.: Высшая школа, 2007. – 360 с.
4. Карабасов Ю.С. Экология и управление: учебник для вузов / В.И. Карабасов, В.С. Чижикова. – М.: МИСИС, 2006. – 712 с.
5. Коробкин, В.И. Экология: учебник для вузов /В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 576 с.
6. Николайкин, В.И. Экология: учебник для вузов /Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – М.: Дрофа, 2008. – 622 с.
7. Экология. Сборник задач, упражнений и примеров: учебное пособие для вузов / Н.А. Бродская, О.Г. Воробьев, А.Н. Маковский и др.; под ред. О.Г. Воробьева и Н.И. Николайкина. – М.: Дрофа, 2006. – 508 с.
8. Экологическая экспертиза: Учебное пособие для студентов высш. проф. образования / под ред. В.М. Питулько. – М.: Академия, 2010. – 528 с.
9. Шоба В.А. Экология. Задачи и упражнения / В.А. Шоба. – Новосибирск: НГТУ, 2006. – 64 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Задание 1 «Загрязнение окружающей среды и здоровье населения».....	3
1. Теоретические основы практической работы.....	3
2. Задание для расчета.....	4
Задание 2 «Сравнение ПДК различных веществ. Загрязнение атмосферного воздуха в различных регионах РФ».....	6
1. Теоретические основы практической работы.....	6
2. Задание для расчета.....	8
Задание 3 «Загрязнение поверхностных вод в различных регионах РФ».....	10
1. Теоретические основы практической работы.....	10
2. Задание для расчета.....	11
Задание 4 «Загрязнение почв в различных регионах РФ».....	13
1. Теоретические основы практической работы.....	13
2. Задание для расчета.....	14
Задание 5 «Оценка уровня выбросов вредных веществ в атмосферу».....	16
1. Теоретические основы практической работы.....	16
2. Задание для расчета.....	18
Задание 6 «Расчет характеристик сбросов сточных вод предприятий в водоемы».....	20
1. Теоретические основы практической работы.....	20
2. Задание для расчета.....	20
Задание 7 «Расчет платы за загрязнение атмосферы».....	23
1. Задание для расчета.....	23
Задание 8 «Определение демографической емкости района застройки».....	28
1. Теоретические основы практической работы.....	28
2. Задание для расчета.....	30
Библиографический список.....	33

ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ИЗЛУЧЕНИЯ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов бакалавриата направления 12.03.01*

Сост. *А.С. Уманский, М.В. Волкодаева*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
метрологии, приборостроения и управления качеством

Ответственный за выпуск *А.С. Уманский*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 30.06.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,1. Усл.кр.-отт. 2,1. Уч.-изд.л. 1,9. Тираж 50 экз. Заказ 514.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2