

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»**

А. С. СОКОЛОВ

УРБЭЭКОЛОГИЯ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО СПЕЦКУРСУ

**Гомель
УО «ГГУ им. Ф. Скорины»
2011**

УДК 504.064:711.4 (072)

ББК 28.081

С 59

Рецензенты:

Р.Н. Вострова, кандидат технических наук, доцент;
кафедра экологии УО «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Рекомендовано к печати научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Соколов, А. С.

С 59 Урбоэкология: практическое пособие по спецкурсу для
студентов специальности 1-33 01 02 «Геоэкология» / А. С.
Соколов; М-во образования РБ; Гомельский гос. ун-т им.
Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. – 47 с.

Практическое пособие разработано в соответствии с
учебной программой курса «Урбоэкология» и содержит
практические задания по различным аспектам
экологической безопасности городской среды –
почвенному покрову, воздушной и водной среде,
шумовому загрязнению, проблеме утилизации отходов, а
также вопросы устойчивого развития урбанизированных
территорий.

Адресовано студентам специальности 1-33 01 02
«Геоэкология»

УДК 504.064:711.4 (072)

ББК 28.081

ISBN

© Соколов А. С., 2011

© УО «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины», 2011

Содержание

Введение.....	4
Тема 1 Устойчивое развитие урбанизированных территорий.....	5
Тема 2 Почвенный покров в городах.....	13
Тема 3 Воздушная среда города.....	19
Тема 4 Водная среда города.....	31
Тема 5 Шумовое загрязнение города.....	36
Тема 6 Городские отходы.....	41
Литература.....	50

Введение

Практическое пособие по выполнению практических работ «Урбоэкология» предназначено для студентов специальности 1-33 01 02 «Геоэкология» специализации 1-33 01 02 01 «Общая геоэкология».

В настоящее время вопросы экологической безопасности городской среды приобретают всё большую актуальность в связи с ростом городов и городского населения, увеличением разнообразия источников трансформации природной среды в городах, необходимостью обеспечения устойчивого развития урбанизированных территорий.

Урбоэкология является комплексной дисциплиной, так как негативные влияния города на природную среду проявляются во всех геосферах и очень разнообразны. Поэтому для её успешного усвоения необходимы базовые знания о составе и свойствах основных компонентов природной среды, об основных факторах воздействия промышленности и транспорта на природную среду, о принципах и методах защиты среды от негативного антропогенного воздействия.

В данном пособии рассматривается применение методов оценки состояния окружающей среды в городах, расчёта интенсивности химического и физического загрязнения городской среды, показателей устойчивого развития урбанизированных территорий. Пособие состоит из 6 практических работ по 6 темам теоретического курса «Урбоэкология». Структура практического пособия выполнена таким образом, чтобы студент при выполнении практических работ мог изучить основные теоретические положения темы работы и методические аспекты её выполнения. Каждая практическая работа содержит задание и порядок его выполнения. Также даны индивидуальные для каждого студента варианты заданий.

Тема 1 Устойчивое развитие урбанизированных территорий

Теоретическая часть

Демографическая ёмкость территории – максимальное число жителей, потребности которых могут быть обеспечены за счёт ресурсов территории при сохранении экологического равновесия. Демографическая ёмкость районов устанавливается обычно путем анализа наиболее важных для повседневной деятельности природных компонентов: территорий, пригодных для промышленного и гражданского строительства; сельскохозяйственных земель, необходимых для организации пригородной сельскохозяйственной базы; водных ресурсов; территорий, благоприятных для организации массового отдыха населения. Демографическая ёмкость территории является величиной переменной и не означает какого-либо нормативного показателя. Он отражает некий планировочный порог, за пределами которого нарушается равновесие всех природных, хозяйственных и социальных условий. В условиях роста национального благосостояния, повышения плодородия почв показатели демографической ёмкости будут изменяться в сторону повышения.

Демографическую ёмкость определяют как наименьшее из значений частных демографических ёмкостей по территории, воде, рекреационным ресурсам, условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы.

По наличию территории:

$$D_1 = \frac{T \cdot 1000}{H},$$

где D_1 – частная демографическая ёмкость, чел.;

T – площадь территории, для которой рассчитывается демографическая ёмкость;

H – ориентировочная потребность в территории 1000 жителей ($H = 20–30$ га).

По наличию всех водных ресурсов:

$$D = D_2 + D_3,$$

в том числе поверхностных вод

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \frac{P_i K \cdot 1000}{P},$$

где D_2 – частная демографическая ёмкость, чел.;

P_i – минимальный расход воды в i -ом водотоке при входе в район, которую можно изъять для рассматриваемой территории из общего водохозяйственного бассейна, м³/сут;

K – коэффициент, учитывающий необходимость разбавления сточных вод (для наших широт $K = 0,1$),

P – нормативная водообеспеченность 1000 жителей, м³/сут (2000 м³/сут).

Минимальный расход воды P_i (м³/сек) рассчитывается по формуле:

$$P_i = B \cdot h \cdot v,$$

где B – минимальная ширина реки (определяется как треть ширины реки в паводок),

h – средняя глубина реки в межень,

v – скорость течения, м/с.

По наличию подземных вод:

$$D_3 = \sum_{i=1}^n \frac{E_i T_i \cdot 1000}{P_1},$$

где D_3 – частная демографическая ёмкость, чел.;

E_i – эксплуатационный модуль подземного стока i -го участка, м³/сут (площадь T_i в данном случае равна 1)

P_1 – нормативная водообеспеченность 1000 жителей.

По рекреационным ресурсам:

для отдыха в лесу

$$D_4 = \frac{TL0,5 \cdot 1000}{KHM},$$

где D_4 – частная демографическая ёмкость, чел.;

T – площадь территории района, га;

L – коэффициент лесистости района, %;

K – доля рекреантов в летний период ($K = 0,4$);

H – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в рекреационных территориях, в среднем $H = 2 \text{ км}^2$;

M – коэффициент распределения отдыхающих в лесу и у воды ($M = 0,85-0,90$ для умеренного климата, $M = 0,3-0,4$ для жаркого климата);

для отдыха у воды

$$D_5 = \frac{2 \sum R_i F 1000}{K_{\Pi} M_1},$$

где D_5 – частная демографическая ёмкость, чел.;

R_i – длина i -го водотока, пригодного для купания, км;

F – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне $F = 0,5$);

K_{Π} – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в пляжах, км ($K_{\Pi} = 0,5$);

M_1 – коэффициент распределения отдыхающих у воды и в лесу ($M_1 = 0,10-0,15$ для умеренного климата).

По условиям создания пригородной сельскохозяйственной базы

$$D_6 = \frac{T_{cx} q 1000}{h},$$

где D_6 – частная демографическая ёмкость, чел.;

T_{cx} – площадь территории района, благоприятной для ведения сельского хозяйства, га;

q – коэффициент, учитывающий использование сельскохозяйственных запасов под пригородную базу, в среднем $q = 0,2-0,3$;

h – ориентировочный показатель потребности 1000 жителей района в землях пригородной сельскохозяйственной базы, га, $h = 500-2000$.

Кроме демографической ёмкости территории не менее важны и другие **инженерно-экологические характеристики**: репродуктивная способность территории, геохимическая активность и экологическая ёмкость.

Из всех этих показателей наибольшее для оценки уровня экологического равновесия значение имеет репродуктивная способность территории по кислороду, показывающая,

компенсирует ли рассматриваемая территория при данном уровне населения и развитии хозяйства потери кислорода.

Воспроизводство кислорода растительным покровом территории рассчитывается по формуле:

$$ПК = 1,45 \cdot (S_{лес} \cdot P_{лес} + S_{с/х} \cdot P_{с/х} + S_{паст} \cdot P_{паст} + S_{гор} \cdot P_{гор}),$$

где $ПК$ – продуктивность по кислороду (т/га в год);

$S_{лес}$ – площадь лесов;

$S_{с/х}$ – площадь сельхозугодий;

$S_{паст}$ – площадь пастбищ;

$S_{гор}$ – площадь городских зелёных насаждений;

$P_{лес}$ – продуктивность лесов (10-15 т/га в год);

$P_{с/х}$ – продуктивность сельхозугодий (5-6 т/га в год);

$P_{паст}$ – продуктивность пастбищ (4-5 т/га в год);

$P_{гор}$ – продуктивность городских зелёных насаждений (0,8-1 т/га в год);

1,45 – коэффициент перевода биопродуктивности к свободному кислороду.

Данная формула учитывает расход кислорода флорой и фауной изучаемой территории.

Расход кислорода населением и хозяйством рассчитывается по формуле:

$$РК = 2 ДЕТ \cdot П_ч + А \cdot П_п \cdot 365,$$

где ДЕТ – демографическая ёмкости территории;

$П_ч$ – потребление кислорода одним человеком (0,26 т/год);

2 – коэффициент, учитывающий потребление кислорода автотранспортом и коммунальными службами;

$А$ – объём выпуска продукции предприятиями (ед./сутки);

$П_п$ – потребление кислорода при выпуске единицы продукции.

Сравнив значения $ПК$ и $РК$, можно сделать вывод о достаточности репродуктивной способности территории по кислороду (аналогично для почв, воды, растительности).

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое демографическая ёмкости территории и как она определяется?

2. Какие вы знаете инженерно-экологические показатели экологического равновесия?
3. Как определяется, достаточна ли репродуктивная способность территории по кислороду?

Практическая работа 1

Экологическое равновесие урбанизированной территории

Цель работы: получение практических навыков определения показателей экологического равновесия урбанизированных территорий.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор, ситуационный план или таблицы исходных данных

Задание: рассчитать демографическую ёмкость территории и инженерно-экологические показатели экологического равновесия территории. Предложить рекомендации по увеличению демографической ёмкости.

Ход работы:

1 Описать методику расчёта показателей экологического равновесия

2 Рассчитать демографическую ёмкости территории по данным таблицы 1.

Таблица 1 – Варианты заданий к практической работе 1 для расчёта демографической ёмкости территории

Вариант	Площадь территории, тыс. га	Ширина реки в паводок, м	Глубина реки, м	Скорость течения реки, м/с	Эксплуат. модуль стока с 1 га, м ³ /сут	Коэффициент лесистости	Длина водотоков, пригодных для купания	Площадь, благоприятная для ведения с/х
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	113	70	5	0,9	0,929	0,45	22	0,35
2	532	130	4	1,2	0,122	0,32	17	0,45
3	216	95	6	0,9	0,55	0,52	18	0,30

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	98	84	8	0,5	1,786	0,63	12	0,25
5	291	96	7	0,9	0,696	0,25	21	0,52
6	436	123	4	1,0	0,499	0,36	18	0,48
7	315	97	9	1,1	0,611	0,54	16	0,31
8	281	85	5	0,8	0,587	0,46	19	0,32
9	454	89	2	0,8	0,245	0,37	14	0,47
10	273	89	6	0,9	0,44	0,39	13	0,54
11	395	78	8	0,8	0,332	0,54	19	0,29
12	427	109	9	1,0	0,316	0,63	25	0,33
13	785	105	5	1,3	0,155	0,48	27	0,47
14	654	97	4	1,5	0,243	0,49	28	0,30
15	285	96	8	1,2	0,54	0,52	29	0,41

3 Определить факторы, в наибольшей степени ограничивающие демографическую ёмкость территории, предложить мероприятия по её увеличению.

4 Определить репродуктивную способность территории по кислороду, сделав вывод о её достаточности или недостаточности, спрогнозировать дальнейшее экономическое и экологическое развитие территории.

Таблица 2 – Варианты заданий к практической работе 1 для расчёта репродуктивной способности территории по кислороду

Вариант	$S_{наст}$, тыс. га	$S_{гор}$, га	A , тыс. ед./сут	$П_{п}$, т/ед.	Вариант	$S_{наст}$, тыс. га	$S_{гор}$, га	A , тыс. ед./сут	$П_{п}$, т/ед.
1	5	35	36,8	0,3	9	16	46	32,5	0,5
2	2	24	8,5	0,2	10	7	59	29,3	0,1
3	12	26	9,6	0,4	11	10	27	36,8	0,3
4	21	52	22,6	0,3	12	6	102	42,5	0,2
5	3	38	36,2	0,2	13	11	52	56,2	0,3
6	8	45	25,6	0,2	14	12	73	96,5	0,1
7	4	58	36,2	0,3	15	4	41	47,6	0,2
8	5	39	35,9	0,4					

5 Сделать вывод.

Тема 2 Почвенный покров в городах

Теоретическая часть

Геохимический фон – среднее содержание химического элемента в почвах по данным изучения статистических параметров его распределения. Геохимический фон является региональной или местной характеристикой почв и пород.

Геохимическая аномалия – участок территории, в пределах которого статистические параметры распределения химического элемента достоверно отличаются от фона.

Зона загрязнения – геохимическая аномалия, в пределах которой содержание загрязняющих веществ достигает концентраций, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Уровень загрязнения характеризуется величиной *коэффициента концентрации* Kc_i :

$$Kc_i = \frac{C_i}{C\phi_i},$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в почве,
 $C\phi_i$ – его фоновая концентрация, мг/кг почвы.

Загрязнение обычно бывает полиэлементным, и для его оценки рассчитывают *суммарный показатель загрязнения*, представляющий собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентраций над фоновым уровнем:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n Kc_i - (n - 1),$$

где Kc_i – коэффициент концентрации элемента,
 n – число элементов с $Kc > 1$.

Величину суммарного показателя загрязнения почв используют для оценки *уровня опасности загрязнения* территории города. Значения суммарного показателя загрязнения до 16 соответствуют допустимому уровню опасности для здоровья населения; от 16 до 32 – умеренно опасному; от 32 до 128 – опасному; более 128 – чрезвычайно опасному.

Для оценки выявленных геохимических аномалий в городах, а также для оценки эколого-геохимических изменений, происходящих в результате антропогенных процессов, В. А. Алексеенко предложены показатели абсолютного (ПАН) и относительного (ПОН) накопления химических элементов. ПАН (в т/км²) показывает, какая масса химического элемента накопилась в результате природных или техногенных процессов на единице площади в концентрациях, превышающих региональное фоновое (либо кларковое или ПДК) содержание. Он вычисляется как отношение рассчитанного содержания химического элемента, накопившегося в результате техногенного химического загрязнения в химической аномалии, к площади этой аномалии. В связи с тем, что значения фоновых содержаний элементов в почве неодинаковы был введён показатель относительного накопления (ПОН). ПОН чрезвычайно важен как при оценке воздействия определённого элемента на организмы, так и при сравнении такого воздействия разными элементами в конкретной ландшафтно-геохимической обстановке. Он представляет собой отношение показателя абсолютного накопления элемента к фоновому (кларковому) его содержанию в почве:

$$ПОН = \frac{ПАН}{Сф}$$

Расчёт ПОН позволяет определить элементы, на загрязнение окружающей среды которыми следует обратить первоочередное внимание при проведении экологической реабилитации почв и медико-профилактической работе.

Вопросы для самоконтроля:

- 1 Какие показатели используются для оценки химического загрязнения почвенного покрова?
- 2 Как оценивается уровень опасности загрязнения территории города?
- 3 В чём суть показателя относительного накопления химических элементов и для чего он был введён?

Практическая работа № 2

Химическое загрязнение почв города

Цель работы: получение практических навыков определения показателей химического загрязнения почв города.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор

Задание: определить степень опасности загрязнения городских почв, установить, какие загрязнители вносят наибольший вклад в Zс. Описать выявленные геохимические аномалии, установив, какие загрязнители представляют наибольшую опасность для экосистем и здоровья человека.

Таблица 3 – Варианты заданий для оценки степени опасности загрязнения почв (указана концентрация загрязнителей, мг/кг)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Район 1	HS	0,69	12,5	96,2	2,5	63,2	23,0	1,3	52,0	0,2	8,5	25,6	65,2
	HCO ₃	0,21	1,3	1,4	520,6	25,6	2,6	516,3	52,3	518,5	365,2	89,6	56,2
	Cl	32,4	25,5	45,6	10,8	112,3	65,2	25,6	69,5	18,8	65,2	16,5	45,2
	SO ₄	0,01	1,2	65,2	1,5	64,2	18,9	54,5	12,3	1,5	10,5	12,1	33,2
	Zn	0,002	63,3	3,2	15,6	15,2	42,0	1,9	22,6	17,6	56,2	25,6	65,5
	NH ₃	0,5	10,5	12,2	10,5	2,6	15,2	12,3	16,2	17,5	25,2	12,5	52,5
	Нитр.	0,13	2,6	13,6	5,6	21,1	63,2	8,0	8,6	5,6	12,3	39,6	12,7
Район 2	HS	0,67	20,0	109,5	3,8	60,2	15,2	1,6	117,8	0,1	14,5	36,9	58,9
	HCO ₃	0,21	1,2	2,8	650,0	30,9	13,8	319,6	69,0	540,2	590,5	98,5	182,5
	Cl	7,3	13,6	42,8	12,6	108,2	35,9	30,2	58,5	10,6	35,8	22,5	56,5
	SO ₄	0,005	3,6	36,2	2,3	35,6	28,5	62,5	12,0	2,3	12,5	10,4	39,1
	Zn	0,001	56,3	2,5	21,2	15,2	96,0	12,5	18,6	24,2	46,5	39,0	69,1
	NH ₃	0,7	15,6	10,0	16,6	3,0	19,8	65,6	15,3	12,6	32,6	19,9	40,2
	Нитр.	0,005	12,8	23,3	7,0	14,2	90,5	16,3	11,6	12,0	12,3	46,8	18,8
Район 3	HS	0,67	11,4	100,5	3,8	93,4	9,9	1,5	99,5	0,1	14,8	30,5	58,6
	HCO ₃	0,21	1,2	1,8	690,4	56,2	10,2	465,5	44,7	538,0	589,6	102,0	130,6
	Cl	19,3	16,3	52,3	11,6	92,0	40,6	29,3	57,9	9,6	40,5	15,3	58,9
	SO ₄	0,004	2,5	66,3	1,0	60,0	65,2	66,5	12,5	1,0	16,8	12,3	45,8
	Zn	0,001	58,9	2,8	18,5	15,4	33,0	1,6	13,5	16,5	50,8	32,1	78,0
	NH ₃	0,3	19,2	9,6	14,0	3,0	56,6	42,2	22,0	10,0	18,8	8,8	42,1
	Нитраты	0,004	12,5	4,5	7,0	18,9	77,8	14,9	9,9	8,0	12,3	58,1	29,6

Таблица 4 – Варианты заданий для характеристики геохимических аномалий

Вещ- ества	Варианты										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pb	824*	2070	1050	1200	1680	2560	882	956	1472	3020	2114
	103	230	120	150	240	320	98	136	184	172	302
Zn	2080	715	1500	992	2765	2835	935	1764	1944	2834	1104
	200	65	150	124	197	270	85	147	162	218	96
Ti	1040	576	2040	1275	2432	2244	1044	3990	3240	2250	2192
	65	36	102	85	152	132	58	210	118	150	137
Cu	840	1050	1712	750	960	1368	1273	665	1136	1143	904
	105	150	214	100	120	152	134	95	142	127	113
V	600	832	290	805	1056	963	1045	602	1088	1656	1071
	75	104	58	115	132	107	95	86	136	184	102
Ga	2160	1800	1840	1648	3315	3072	2891	1540	2345	1350	2744
	450	360	230	412	663	512	413	385	469	525	392
Cr	1200	2970	1080	1484	1480	1728	2030	1505	1568	1683	2255
	150	330	180	212	185	192	203	215	196	187	205

Примечание: * – в числителе – накопление в почве геохимических аномалий веществ техногенного происхождения, т; в знаменателе – площадь аномалий, км²

Ход работы:

- 1 Описать методику определения уровня опасности загрязнения территории города и оценки геохимических аномалий.
- 2 За фоновые значения концентрации при расчёте суммарного показателя загрязнения принять данные таблицы 5.
- 3 Рассчитать коэффициенты концентрации химических элементов в почвах трёх районов города, для каждого района определить суммарный показатель загрязнения Z_c .
- 4 Провести сравнительный анализ химического загрязнения почв районов. Сделать вывод.

Таблица 5 – Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчёта суммарного показателя загрязнения, мг/кг

Вещество	Фоновая концентрация	Вещество	Фоновая концентрация
Гидрокарбонаты	510	Нитраты	15
Хлориды	19,9	Гидросульфиды	107
Аммоний	11	Цинк	33
Сульфаты	45		

5 Охарактеризовать геохимическое аномалии на урбанизированной территории по показателям абсолютного и относительного накопления. За фоновые значения концентрации загрязнителей принять данные таблицы 6.

Таблица 6 – Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчёта характеристик геохимических аномалий, т/км²

Вещество	Фоновая концентрация	Вещество	Фоновая концентрация
Свинец	0,001	Ванадий	0,01
Цинк	0,005	Галлий	0,003
Титан	0,457	Хром	0,02
Медь	0,002		

Результаты расчёта оформить в виде таблицы:

Элемент	Площадь аномалии	Техногенная составляющая элементов, т	Фоновая концентрация	ПАН, т/км²	ПОН

6 Выполнить ранжирование элементов по величине удельного вклада в загрязнение городских почв, а также по величине опасности для здоровья человека, определяемой показателем относительного накопления. Сделать вывод о наиболее опасных в данных условиях загрязнителях.

Тема 3 Воздушная среда города

Теоретическая часть

В течение всей жизни человек находится в среде воздуха, от качества которой зависит его здоровье, самочувствие, работоспособность. Воздух контактирует со всеми элементами природы. Ухудшение качества воздуха, из-за присутствия в нем различных загрязняющих веществ, ведет к гибели зеленых насаждений, загрязнению почв, водоемов и водотоков, к повреждению памятников культуры, конструкций зданий и сооружений, к ухудшению здоровья горожан.

Главными источниками загрязнения воздуха в городах являются промышленные предприятия и автомобильный транспорт.

Категория опасности предприятия используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками с учётом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$КОП = \sum_{i=1}^m КОВ_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i},$$

где m – количество загрязняющих веществ, выбрасываемый предприятием;

$КОВ_i$ – категория опасности i -го вещества, м³/с;

M_i – масса выбросов i -й примеси в атмосферу, мг/с;

$ПДК_i$ – среднесуточная ПДК i -го вещества в атмосфере населённого пункта, мг/м³;

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (таблица 7).

Таблица 7 – Значения коэффициента a

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

Значения КОП рассчитывают при условии, когда $\frac{M_i}{ПДК_i} > 1$. При $\frac{M_i}{ПДК_i} < 1$ значения КОП не рассчитываются и принимаются равными нулю.

Для расчета КОП при отсутствии ПДК_{СС} (средне суточная предельно допустимая концентрация) используют значения ПДК_{МР} (предельно допустимая максимальная разовая концентрация) или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для вещества, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень вещества), значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с условиями, приведёнными в таблице 8:

Таблица 8 – Категории опасности предприятий

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

Например: при величине выброса диоксида азота 3,521 т/год категория опасности вещества будет равна

$$КОВ_{NO_2} = \left(\frac{3,521 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 30155 = 3,02 \cdot 10^4 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Таблица 9 – Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ

№	Вещество	Класс опасности	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³
1	2	3	4	5
1	Углерода оксид	4	5	3
2	Азота диоксид	2	0,2	0,04
3	Азота оксид	3	0,4	0,06

Окончание таблицы 9

1	2	3	4	5
4	Серы диоксид	3	0,5	0,05
5	Аммиак	4	0,2	0,04
6	Сероводород	2	0,008	-
7	Озон	1	0,16	0,03
8	Формальдегид	2	0,035	0,003
9	Фенол	2	0,01	0,003
10	Бензол	2	0,3	0,1
11	Толуол	3	0,6	-
12	Параксиллол	3	0,3	-
13	Стирол	2	0,04	0,002
14	Этилбензол	3	0,02	-
15	Нафталин	4	0,003	-
16	Взвешенные вещества	3	0,5	0,15
17	Зола	3	0,15	0,05
18	Пыль цементных производств	3	0,02	0,02
19	Железа оксид	3	0,04	0,04
20	Кадмия оксид	1	0,0003	0,0003
21	Кальция карбид	3	0,3	0,3
22	Кальция оксид	3	0,3	0,3
23	Керосин	3	1,2	1,2
24	Кислота азотная	2	0,4	0,15
25	Кислота серная	2	0,3	0,1
26	Кислота уксусная	3	0,2	0,06
27	Пыль древесная	3	0,1	0,1
28	Пыль	3	0,3	0,1

Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице M_{ij} рассчитывается по формуле.

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L^N_{общ} 10^{-6},$$

где m_{ij} – приведённый пробеговой выброс, г/км

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ti},$$

где m_i – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/кг;

K_{ri} – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населённых пунктов;

K_{ti} – коэффициент, учитывающий влияния технического состояния автомобилей на массовых выброс i -го загрязнителя;

$L^N_{общ}$ – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности движения и скорости АТС, км.

Суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается:

$$L^N_{общ} = \sum_t^n L^N_{сез} = \sum_t^n v_{авт} t_g N^N_{сез},$$

где $v_{авт}$ – скорость движения транспортных средств;

$N^N_{сез}$ – число автомобилей, прошедших по улице за сезон;

t_g – время движения автотранспортного средства по данной улице, которое рассчитывается по формуле:

$$t_g = \frac{L}{v_{авт}},$$

где L – длина улицы, км.

Таким образом, суммарный годовой пробег автомобилей будет рассчитываться по формуле:

$$L^N_{общ} = \sum_t^n L \cdot N^N_{сез},$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяется суммированием

$$N^N_{сез} = t \cdot (N_y + N_\partial + N_\rho + N_n) \cdot n,$$

где t – время, в часах; n – количество дней в сезоне.

Значения приведённых пробеговых выбросов i -го данным типом транспортных средств приведены в таблице 10.

Категория опасности автотранспорта (КОА) рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия:

$$КОА = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}$$

Таблица 10 – Приведённый пробеговый выброс для различных типов автотранспорта

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговый выброс, г/км	Коэффициенты			Приведённый пробеговый выброс, г/км
			K_{ri}	K_{ti}	K_{ni}	
Легковые	CO	13,0	0,87	1,72	–	19,8
	NO ₂	1,5	0,94	1,0	–	1,4
	CH	2,6	0,92	1,48	–	3,5
	SO ₂	0,076	1,15	1,15	–	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	–	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO ₂	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO ₂	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
	Pb	0,023	1,15	1,15	1,19	0,04
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO ₂	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO ₂	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5
	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
Автобусы бензиновые	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO ₂	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO ₂	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
	Pb	0,037	1,15	1,1	1,3	0,1
Автобусы дизельные	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO ₂	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO ₂	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Помимо вредных выбросов в атмосферу, связанных с сжиганием топлива, эксплуатация автомобильного транспорта приводит также к выбросам пыли (M_n) в результате взаимодействия автомобиля и дороги. Степень загрязнения атмосферы в результате этого процесса можно показать через категорию опасности дороги (КОД):

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{M^y V^y}{ПДК^y},$$

где M^y – содержание пыли в воздухе улицы, V^y – объём воздуха, в котором рассеяна пыль.

Количество пыли, выбрасываемой N -ым количеством автомобилей i -го класса, рассчитывается по формуле:

$$M^y = \psi_i \cdot S_{Ai} \cdot N_i,$$

где S_A – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, m^2 ;

ψ – сдуваемость пыли, $mg/(cm^2 \cdot c)$;

N_i – интенсивность движения автомобилей i -го класса.

Таблица 11 – Значения удельной сдуваемости и средней площади проекции на поверхность дороги для различных классов автотранспортных средств

Тип АТС	Значения удельной сдуваемости	Средняя площадь проекции на поверхность дороги, m^2
Легковые автомобили	240	7
Грузовые автомобили	516	25
Автобусы	541	30

Объём воздуха, в котором распространяется пыль, рассчитывается как произведение площади улицы на высоту приземного слоя атмосферы (3 метра).

В качестве комплексного показателя, используемого для определения опасности улицы от её загрязнения автотранспортом, применяется такой показатель, как категория опасности улицы (КОУ):

$$КОУ = КОА + КОД$$

Категория опасности территориального производственного комплекса (КОГ) рассчитывается как сумма категорий опасности предприятий (КОП) и улиц (КОУ), расположенных в пределах этого комплекса:

$$КОГ = \sum_{i=1}^n КОП_i + \sum_{k=1}^m КОУ_k.$$

Вопросы для самоконтроля:

- 1 Что такое категория опасность предприятия и как она определяется?
- 2 Какова методика расчета загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице?
- 3 Как рассчитываются категории опасности автотранспорта, дороги и улицы?
- 4 Что такое категория опасности территориального производственного комплекса?

Практическая работа 3

Оценка опасности загрязнения городского воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом

Цель работы: получение практических навыков определения степени опасности предприятия, автотранспорта, дороги и территориального производственного комплекса.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор

Задание: рассчитать категорию опасности территории, включающей промышленное предприятие и автомобильную дорогу.

Ход работы:

1. Описать методику расчёта категории опасности предприятия и автотранспорта.
2. Выполнить расчет категории опасности предприятия. Результаты должны включать расчеты КОВ для каждого вещества, таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятия по КОВ, расчет КОП, и массе выбросов

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов занести в таблицу:

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/га	%		
Вещество 1			1	
Вещество 2			2	
.....			...	
Всего				

Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности

Вещество	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения КОВ		Ранг
	м ³ /с	%	
Суммарный по предприятию			
Вещество 1			1
Вещество 2			2
....			...

3. Рассчитать массу загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом на данной улице. Результаты оформить в виде таблицы «Количество загрязняющих веществ, выбрасываемое автотранспортом на данной улице».

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Выбросы разных веществ по сезонам (т/сезон)					Суммарный выброс, т/сезон
		СО	СН	NO _x	SO ₂	Pb	
	Легковые						
	Грузовые						
	Автобусы						
	Всего						

4. Рассчитать коэффициент опасности автотранспорта. Результаты оформить в виде таблицы «Значения категории опасности вещества для различных видов автотранспорта».

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Значения КОВ, м ³ /с					КОА, м ³ /с
		СО	СН	NO _x	SO ₂	Pb	
	Легковые						
Грузовые							
Автобусы							
Всего							

5. Рассчитать показатели пылеобразования на дороге и вычислить коэффициент опасности улицы.
6. Рассчитать категорию опасности территории, включающей данное предприятие и автомобильную дорогу (КОГ).
7. Сделать вывод.

Таблица 12 – Варианты заданий к практической работе 3 для расчёта категории опасности предприятия

Вещества	Масса выбросов, т/год	Вещества	Масса выбросов, т/год	Вещества	Масса выбросов, т/год
1	2	3	4	5	6
Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
Диоксид азота	3956,3	Диоксид азота	3039,0	Диоксид азота	566,2
Диоксид серы	2075,0	Оксид азота	494,0	Диоксид серы	20642,1
Оксид углерода	7551,07	Оксид кадмия	0,005	Оксид углерода	33427,4
Пыль летучая (зола)	0,19	Диоксид серы	405,0	Сероводород	173,1
Пыль цементных пр-в	0,88	Оксид углерода	1503,0	Бензол	841,1
Кадмия оксид	0,0015	Оксид железа	0,763	Карбид кальция	100,1
Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
Диоксид азота	1118,1	Диоксид азота	928,1	Диоксид азота	213,5
Диоксид серы	1744,07	Сероводород	0,003	Диоксид серы	11,7

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
Оксид углерода	1002,1	Оксид углерода	364,2	Оксид углерода	800,2
Сероводород	7,3	Оксид серы	20,8	Бензол	1238,3
Стирол	102,1	Аммиак	0,156	Пыль цемент. производств	0,3
Этилбензол	85,3	Оксид азота	4002,4	Сероводород	0,02
Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9	
Диоксид азота	186,0	Диоксид азота	10,1	Диоксид азота	57,7
Диоксид серы	2,7	Диоксид серы	259,3	Диоксид серы	11,6
Оксид углерода	551,7	Оксид углерода	82,1	Оксид углерода	58,6
Толуол	5,3	Сероводород	0,3	Пыль летучая (зола)	0,32
Бензол	0,88	Бензол	6,7	Бензол	21,7
Азотная кислота	12,2	Этилбензол	1,7	Этилбензол	0,9
Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12	
Диоксид азота	31,1	Диоксид азота	21,8	Диоксид азота	127,8
Диоксид серы	0,5	Диоксид серы	0,8	Диоксид серы	16,51
Оксид углерода	97,9	Оксид углерода	65,2	Оксид углерода	626,8
Пыль цементных пр-в	122,6	Пыль цементных пр-в	44,2	Пыль цементных производств	1,03
Формальдегид	0,21	Пыль древесная	44,7	Бензол	310,2
Оксид кадмия	0,02	Бензол	2,0	Толуол	1,5
Вариант 13		Вариант 14		Вариант 15	
Диоксид азота	7530,1	Диоксид азота	58,3	Диоксид азота	12,1
Диоксид серы	10630,1	Диоксид серы	547,3	Диоксид серы	1589,5

Окончание таблицы 12

1	2	3	4	5	6
Оксид углерода	80038,2	Сероводород	5,4	Оксид углерода	39,47
Сероводород	157,1	Оксид углерода	155,3	Серная кислота	16,5
Взвешенные в-ва	558,3	Пыль цем. пр-в	235,0	Пыль цемент. производств	70,55
Параксиллол	1166,1	Нафталин	131,1	Бензол	12,1

Таблица 13 – Варианты заданий к практической работе 3 для расчёта категории опасности улицы

Вариант	Транспортные средства	Интенсивность движения по сезонам				Длина улицы, м
		Зима	Весна	Лето	Осень	
1	2	3	4	5	6	7
1	Легковые	950	960	1000	910	8500
	Грузовые	100	105	135	80	
	Автобусы	50	65	85	20	
2	Легковые	1060	1000	1100	960	4500
	Грузовые	100	130	150	190	
	Автобусы	30	100	80	40	
3	Легковые	25	34	45	39	3000
	Грузовые	12	10	15	17	
	Автобусы	8	8	4	6	
4	Легковые	350	420	510	480	5000
	Грузовые	50	48	59	53	
	Автобусы	11	11	15	11	
5	Легковые	95	106	115	101	5500
	Грузовые	22	25	28	27	
	Автобусы	10	11	9	10	
6	Легковые	600	620	700	680	6500
	Грузовые	110	150	125	200	
	Автобусы	25	40	45	40	
7	Легковые	1180	1310	1380	1090	2500
	Грузовые	230	140	330	190	
	Автобусы	90	100	110	100	

Окончание таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7
8	Легковые	950	1050	860	1030	3500
	Грузовые	320	310	380	400	
	Автобусы	140	180	220	150	
9	Легковые	985	955	1010	945	5000
	Грузовые	220	130	310	150	
	Автобусы	60	80	90	75	
10	Легковые	35	40	65	45	3500
	Грузовые	15	15	25	20	
	Автобусы	5	10	15	10	
11	Легковые	13	15	18	14	2500
	Грузовые	7	6	5	9	
	Автобусы	2	4	5	3	
12	Легковые	90	110	125	115	4000
	Грузовые	15	20	20	25	
	Автобусы	10	15	10	15	
13	Легковые	85	55	95	60	5500
	Грузовые	25	30	35	25	
	Автобусы	15	20	15	25	
14	Легковые	110	120	125	120	4500
	Грузовые	35	40	45	25	
	Автобусы	20	25	35	25	
15	Легковые	1020	1050	1100	980	4000
	Грузовые	200	110	300	160	
	Автобусы	80	90	100	90	

Тема 4 Водная среда города

Теоретическая часть

Не все выпавшие атмосферные осадки и воды, образующиеся после мойки площадей, улиц и автодорог, попадают в водный объект. Часть атмосферных осадков перехватывается верхними ярусами растительного покрова и не достигает поверхности земли. Попавшие на водосборную площадь осадки и поливочные воды стекают по склону местности в водный объект, по пути, задерживаясь в неровностях рельефа, испаряются, просачиваются в почву и грунтовые воды. Оставшаяся часть поверхностных сточных вод составляет общий слой поверхностного стока. Для учёта потерь поверхностных сточных вод используется коэффициент стока (ψ). Для дождевых и снеговых сточных вод эта величина зависит от характеристик поверхности водосборной территории (таблица).

Таблица 14 – Коэффициент дождевого и снегового стока для различных городских территорий

Вид водосборной территории	Величина коэффициента стока (ψ)	
	дождевой сток	снеговой сток
Застроенные территории	0,6	0,6
Незастроенные территории	0,3	0,6
Парки, гравийные покрытия	0,3	0,6
Водонепроницаемые поверхности	0,7	0,9
Грунтовые поверхности	0,2	0,6
Газоны, зелёные насаждения	0,1	0,2

Значение коэффициента стока для всего водосборного бассейна рассчитывается:

$$\Psi = \sum_{i=1}^n \alpha_i \psi_i ,$$

где α_i – весовые коэффициенты, равные по величине отношению площади, занимаемой данным видом покрытия, к общей водосборной площади;

ψ_i – коэффициенты стока для разных видов покрытий.

Объём дождевых или снеговых сточных вод за год рассчитывается по формуле:

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F \cdot H, \text{ м}^3/\text{год},$$

где Ψ – коэффициент стока дождевых или талых вод;

F – площадь водосборной территории, га;

H – слой осадков за тёплый или холодный период года соответственно, мм.

Объём поливомоечных сточных вод определяется:

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F_m \cdot m \cdot k, \text{ м}^3/\text{год},$$

где m – расход воды на мойку единицы площади, л/м²;

k – количество моек в году;

F_m – площадь обрабатываемых покрытий, га; Ψ – коэффициент стока поливомоечных сточных вод.

Значения всех параметров, входящих в эту формулу, определяются с соответствию со следующими нормативами:

- на мойку 1 м² площади расходуется от 1,3 литров воды;
- количество моек для условий города составляет 100 за год;
- площадь покрытий, нуждающихся в мойке, составляет 20% от всей территории города;
- коэффициент стока поливомоечных сточных вод принимается равным 0,6.

Если на водосборной территории расположены большие парки или участки лесных массивов, проявляется эффект задержания части атмосферных осадков растительным покровом. В этом случае объём поверхностного стока уменьшается. Расчёт количества задержанных атмосферных осадков производится по абсолютным нормам задержания (таблица 15).

Таблица 15 – Нормы задержания атмосферных осадков лесной растительностью

Вид растительности	Слой задержанных атмосферных осадков (Нз), мм												
	Месяцы												В год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Хвойный лес	10	10	10	18	19	20	25	22	17	16	12	10	189
Лиственный лес	1	1	1	4	10	11	14	12	8	6	4	2	79

Слой выпавших атмосферных осадков корректируется на величину задержанных осадков с учётом соотношения площадей, занятых различными видами деревьев, и всей водосборной площади. Объём дождевых или снеговых сточных вод определяется в этом случае по формуле:

$$W = 10 \cdot \Psi \cdot F_m \cdot (H - H_z), \text{ м}^3/\text{год},$$

где Ψ – коэффициент стока;

F – площадь водосборной территории, га;

H и H_z – слои выпавших и задержанных осадков соответственно, мм.

Общий объём поверхностного стока с водосборной территории за год определяется как сумма составляющих

$$W = W_D + W_C + W_{ПМ},$$

где W_D , W_C и $W_{ПМ}$ – объёмы дождевых, снеговых и поливомоечных сточных вод соответственно.

Суммарное значение годового выноса веществ с поверхностным стоком рассчитывается как

$$G = W_D \cdot C_D + W_C \cdot C_C + W_{ПМ} \cdot C_{ПМ},$$

где C_D , C_C и $C_{ПМ}$ – концентрации веществ в дождевых, снеговых и поливомоечных сточных водах соответственно, г/м³.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какой показатель используется для учёта потерь поверхностных сточных вод?
2. Как рассчитывается объём сточных вод, образовавшихся в результате выпадения атмосферных осадков?
3. Какие нормативы, влияющие на объём стока, существуют для работ по мойке городских территорий?
4. Как изменяется поверхностный сток при наличии крупных лесных массивов?
5. Как рассчитывается суммарное значение годового выноса веществ с поверхностным стоком?

Практическая работа 4

Городские сточные воды

Цель работы: получение практических навыков расчета общего объема поверхностного стока и годового выноса веществ с городской территории.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор, ситуационный план или таблицы данных

Задание: рассчитать сток воды, поступающей от различных источников природного и техногенного характера, а также объем содержащихся в ней веществ.

Ход работы:

1. Описать методику расчёта поверхностного стока и годового выноса веществ с городской территории.
2. Выполнить расчет значений коэффициента поверхностного стока атмосферных осадков для всей городской территории с учётом агрегатного состояния осадков (таблица 16) и видов подстилающей поверхности (таблица 17).
3. Выполнить расчет значений коэффициента поверхностного стока поливочных сточных вод для города с данной площадью.
4. Определить общий объем водного поверхностного стока с городской территории за год.
5. По представленным данным о концентрации веществ в сточных водах (таблица 18) взвешенных веществ, нитратов и жиров определить общий объем стока этих веществ с городской территории.

Таблица 16 – Агрегатное состояние и количество осадков, выпадающих на территорию города

Вид осадков	Снег			Дождь						Снег		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Количество	45	50	52	63	55	53	56	46	35	39	38	40

Таблица 17 – Площадь видов подстилающей поверхности городской территории, км²

Категория территории	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Застроенные территории	85	56	63	55	113	41	96	215	125	312	96	70	55	33	96
Незастроен. территории	44	12	35	12	56	15	64	25	89	256	56	26	12	12	35
Парки, гравийные покрытия	2	2	10	2	23	2	8	16	4	52	5	4	2	1	1
Водонепроницаемые поверхности	12	22	18	22	78	25	52	23	55	186	22	56	22	16	56
Грунтовые поверхности	6	5	16	12	18	2	13	10	18	23	13	4	12	1	3
Газоны, зел. насаждения	13	23	35	8	12	19	56	59	53	97	13	43	8	9	42
Хвойный лес	20	12	5	1	52	2	13	46	2	13	10	12	1	2	25
Лиственный лес	12	1	3	5	33	2	55	15	8	25	5	6	5	3	10

Таблица 18 – Концентрация веществ в сточных водах, мг/л

Вещество	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Дождевые воды															
Взвешенные вещества	66	56	79	85	46	59	38	56	84	75	65	42	38	86	51
Нитраты	50	23	24	21	26	25	28	30	21	16	18	16	14	19	22
Жиры	2,0	1,8	1,4	1,5	2,5	1,9	1,9	3,6	2,5	1,4	1,0	0,5	0,9	0,6	0,9
Снеговые воды															
Взвешенные вещества	52	63	54	89	25	36	34	29	52	47	39	41	43	50	32
Нитраты	8	15	24	21	18	17	16	12	17	14	18	16	13	12	11
Жиры	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,2	0,8	0,9	0,4	0,6	0,4	0,7	0,2	0,5	0,3
Поливомоечные воды															
Взвешенные вещества	110	95	98	113	125	162	120	95	105	120	77	82	93	28	21
Нитраты	23	12	16	26	23	16	17	21	34	50	42	12	31	24	21
Жиры	2,2	1,6	2,8	2,5	2,1	0,4	0,9	2,6	3,6	3,4	2,9	3,5	1,8	2,6	2,4

Тема 5 Шумовое загрязнение в городах

Теоретическая часть

Шумовое загрязнение – это превышение естественного уровня шума и ненормальное изменение шумовых характеристик (периодичности, силы звука и т. д.) на рабочих местах, в населённых пунктах и других местах вследствие работы транспорта, промышленных устройств, бытовых приборов и др. Главным источником шумового загрязнения городской территории являются транспортные потоки. Представление о размещении источников шума, его уровне и распространении в городе даёт шумовая карта. По ней можно судить о состоянии шумового режима улиц, микрорайонов, всей городской территории. Карта шума города даёт возможность регулировать уровень шума на жилой территории города, а также служит основой для разработки мер защиты.

Исходным параметром для расчета эквивалентного уровня звука, создаваемого в какой-либо точке на территории города потоком средств автомобильного транспорта (включая автобусы и троллейбусы), является шумовая характеристика потока $L_{Aэкв.}$ в дБА, определяемая по ГОСТу 20444-85 на расстоянии 7,5 м от оси ближней полосы движения транспорта:

$$L_{Aэкв} = 10 \lg Q + 13,3 \lg V + 4 \lg(1 + r) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15,$$

где Q - интенсивность движения, ед./ч;

V - средняя скорость потока, км/ч;

r - доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %, (к грузовым относятся автомобили грузоподъемностью 1,5 т и более);

ΔL_{A1} - поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА, (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = 0$, при цементобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = +3$ дБА);

ΔL_{A2} - поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА, определяемая по таблице.

Таблица 19 – Поправка ΔL_{A2} , учитывающая продольный уклон улицы или дороги

Продольный уклон улицы или дороги, %	ΔL_{A2} , дБА				
	Доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %				
	0	5	20	40	100
2	0,5	1	1	1,5	1,5
4	1	1,5	2,5	2,5	3
6	1	2,5	3,5	4	5
8	1,5	3,5	4,5	5,5	6,5
10	2	4,5	6	7	8

Для дневного времени расчет следует проводить, исходя из средней часовой интенсивности движения Q в течение 4-х часового периода с наибольшей интенсивностью движения транспорта.

Ожидаемый эквивалентный уровень звука $L_{A_{\text{экв.тер.2}}}$, дБА, создаваемый потоком средств автомобильного транспорта в расчетной точке, определяется по формуле

$$L_{A_{\text{экв.тер.2}}} = L_{A_{\text{экв}}} - \Delta L_{A3} + \Delta L_{A4},$$

где ΔL_{A3} - снижение уровня шума в зависимости от расстояния от оси ближайшей полосы движения транспорта до расчетной точки, дБА, определяемое по рисунку 1;

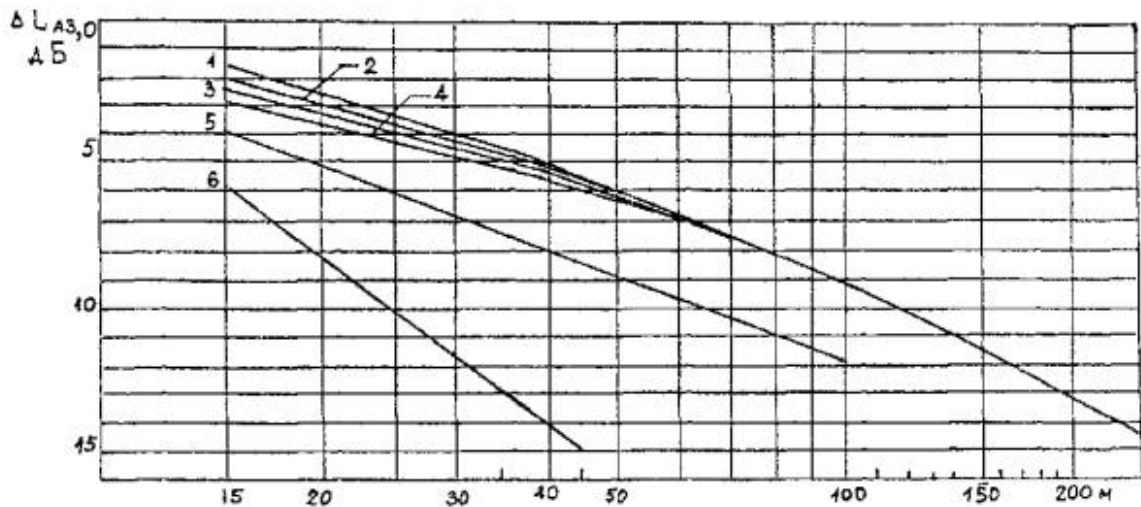
ΔL_{A4} - поправка, учитывающая влияние отраженного звука, дБА, определяемая по таблице 5 в зависимости от отношения $h_{\text{р.т.}}/B$, где $h_{\text{р.т.}}$ - высота расчетной точки над поверхностью территории; в общем случае высота расчетной точки принимается $h_{\text{р.т.}} = 12$ м;

B - ширина улицы (между фасадами зданий), м.

Для определения уровня шума в расчетной точке от двух или более транспортных магистралей шумовую характеристику потоков средств автомобильного транспорта $L_{A_{\text{экв.}}}$ и эквивалентный уровень звука у фасада здания $L_{A_{\text{экв.тер.2}}}$ следует определять отдельно для каждой магистрали. Полученные при этом эквивалентные уровни звука в расчетной точке должны быть просуммированы по энергии:

$$L_{A_{\text{эк.тер.2}}} = 10 \lg \left(\sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{A_{\text{эк.}i}} \right).$$

Шумовую характеристику потоков средств автомобильного транспорта и эквивалентный уровень звука у фасада здания при размещении между полосами проезжей части разных направлений движения бульваров и пешеходных аллей также следует определять отдельно для каждого направления движения.



Расстояние от проезжей части улицы или от трамвайного пути

Рисунок 1 – Снижение уровня звука с расстоянием
 1 - улица, 2 полосы движения; 2 - улица, 4 полосы движения; 3 - улица, 6 полос движения; 4 - улица, 8 полос движения; 5 - трамвай ($L_{A_{\text{экв.}}}$), 6 - трамвай ($L_{A_{\text{макс.}}}$)

Таблица 20 – Поправка ΔL_{A_4} , учитывающая влияние отражённого звука

Тип застройки	Односторонняя	Двусторонняя				
		отношение $h_{p.t.}/B$				
		0,05	0,25	0,4	0,55	0,7
ΔL_{A_4} , дБА	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое шумовое загрязнение?
2. Что такое шумовая карта?
3. Как рассчитывается шумовая характеристика транспортного потока?

4. Как рассчитывается ожидаемый эквивалентный уровень звука в расчётной точке?
5. Как суммируются эквивалентные уровни звука от разных источников?

Практическая работа 5

Расчёт шумового загрязнения городской территории

Цель работы: освоение методики создания шумовой карты на основе расчётных данных.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор, план участка городской территории, чертёжные принадлежности,

Задание: определить пространственное распределение уровня шума от автомобильных магистралей на участке городской территории.

Ход работы:

1 Описать методику расчёта шумовой характеристики

транспортного потока и ожидаемого эквивалентного уровня звука.

2 Расчитать уровень шума для расчётных точек на территории изображённой на плане (рисунок 1) по представленным данным (таблица 21). Результаты расчёта занести в таблицу и на план:

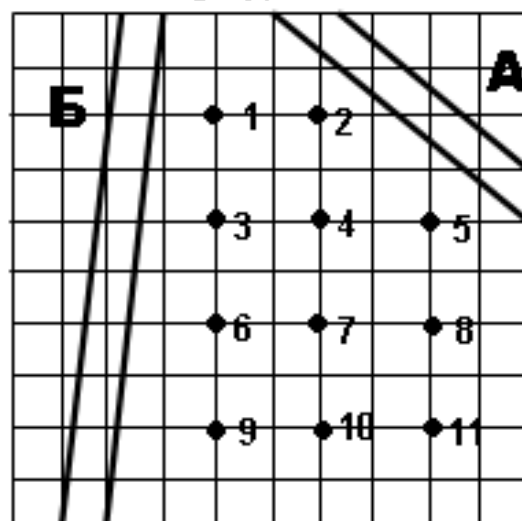


Рисунок 2 – План участка города для расчёта шумового загрязнения: А, Б – магистрали; 1, 2, 3... – расчётные точки.

Номер точки	Уровень шума от магистрали А	Уровень шума от магистрали Б	Суммарный уровень шума

3. Провести интерполяцию и вычертить карту шумового загрязнения территории в изолиниях в масштабе 1:10000. При необходимости уточнения изолиний провести расчёты шума на дополнительных точках.

4. Сделать вывод.

Таблица 21 – Варианты заданий к практической работе 5

Вариант	Магистраль	Q, ед./ч	Уклон, %	Пок-рытие	r, %	V, км/ч	B, м	Кол-во полос
1	А	5200	4	АБ	20	45	30	2
	Б	4100	6	ЦБ	5	30	45	2
2	А	6400	2	АБ	5	60	40	4
	Б	9800	4	ЦБ	0	55	55	4
3	А	5200	4	АБ	5	45	35	4
	Б	4500	10	АБ	20	35	45	2
4	А	3600	6	АБ	5	40	30	2
	Б	2800	8	ЦБ	5	45	30	4
6	А	4100	4	ЦБ	40	60	35	2
	Б	5700	2	АБ	5	65	40	4
7	А	5900	6	ЦБ	20	65	40	4
	Б	2600	6	ЦБ	5	65	50	2
8	А	3200	6	АБ	40	55	45	4
	Б	4200	4	АБ	40	45	35	2
9	А	2100	4	АБ	20	50	40	2
	Б	5100	6	ЦБ	20	60	40	4
10	А	3900	4	АБ	40	60	45	4
	Б	3200	2	ЦБ	20	55	35	4
11	А	5200	8	ЦБ	5	65	35	4
	Б	4200	10	АБ	5	55	50	2
12	А	1800	8	АБ	5	50	50	4
	Б	2500	2	АБ	20	45	34	4
13	А	3400	8	ЦБ	50	40	40	4
	Б	2900	6	АБ	5	35	45	2
14	А	3600	10	АБ	5	45	40	4
	Б	5600	2	ЦБ	0	55	45	4
15	А	4800	4	АБ	20	40	35	2
	Б	2700	10	ЦБ	5	60	40	4

Тема 6 Городские отходы

Теоретическая часть

Твёрдые бытовые отходы (ТБО) – непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта, выбрасываемые человеком.

Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию ТБО являются *полигоны*. Современные полигоны ТБО – это комплексные природоохранные сооружения, предназначенные для обезвреживания и захоронения отходов. Полигоны должны обеспечивать защиту от загрязнения отходами атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствовать распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Размеры земельных участков, отводимых под полигон, рассчитываются из условия 0,02...0,05 га на 1000 т ТБО. Теоретическая вместимость полигона на расчетный срок эксплуатации (15...30 лет) определяется по формуле:

$$V_{II} = (Y_1 + Y_2) (H_1 + H_2) T K_2 / 4K_1,$$

где Y_1, Y_2 – удельные годовые нормы накопления отходов в первый и последний годы эксплуатации полигона, т/чел.;

H_1, H_2 – численность населения, обслуживаемого полигоном, на первый и последний годы эксплуатации, чел.;

T – расчетный срок эксплуатации полигона, годы;

K_1 – коэффициент уплотнения ТБО, равный отношению плотности ТБО после уплотнения к плотности ТБО, доставляемых мусоровозами на полигон (зависит от массы грунтоуплотняющей машины и толщины изолирующего слоя);

K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение объема полигона за счет устройства наружных и внутренних изолирующих слоев (зависит от изолирующего материала – грунта, забираемого из основания полигона, или привозного).

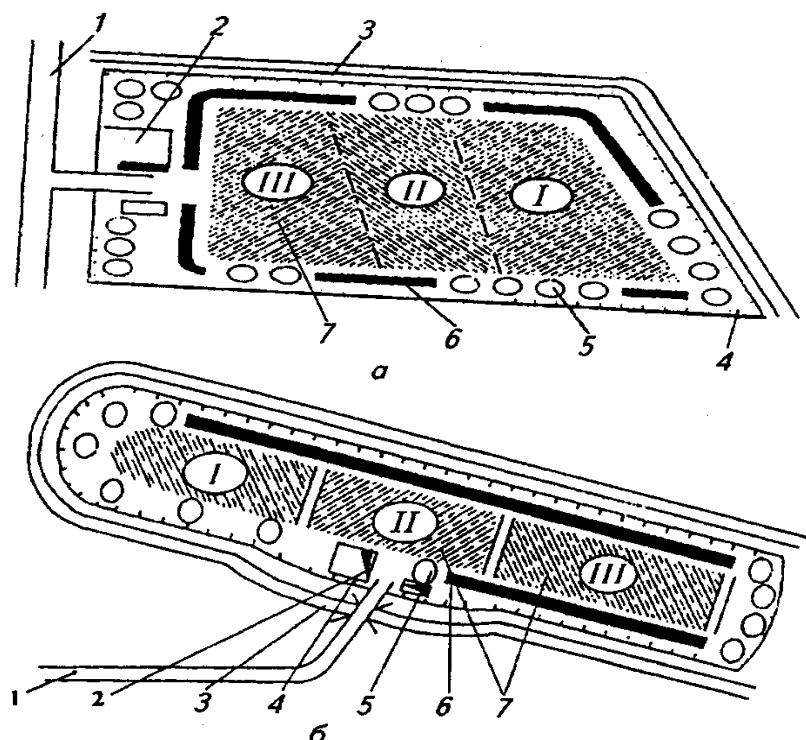


Рисунок 3 – Схема размещения основных сооружений полигона
(Хомич, 2002)

а – при соотношении длины и ширины полигона 2:1; б – при соотношении более 3:1; 1 – подъездная автодорога; 2 – хозяйственная зона; 3 – нагорный канал; 4 – ограждение; 5 – зеленая зона; 6 – кавальер минерального грунта для изоляции слоев ТБО; 7 – участки складирования отходов; I, II, III – очереди эксплуатации

Удельная годовая норма накопления ТБО по объёму за 2-й год эксплуатации определяется из условия ежегодного роста её по объёму на 3 %, то есть $V_2 = V_1 + (1,03) T$.

Коэффициент K_1 , учитывающий уплотнение ТБО в процессе эксплуатации полигона за весь срок T определяется по таблице с учётом массы бульдозера или катка:

Таблица 22 – Возможные значения коэффициента K_1

Масса бульдозера или катка, т	Полная проектируемая высота полигона, м	K_1
3-6	20-30	3,0
12-14	менее 20	3,7
12-14	20-30	4,0
20-22	50 и более	4,5

Коэффициент K_2 , учитывающий объём изолирующих слоёв грунта, в зависимости от общей высоты, определяется по таблице 23.

Таблица 23 – Возможные значения коэффициента K_2

Высота, м	5,25	7,50	9,75	12-15	16-39	40-50	Более 50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,22	1,20	1,18	1,16

Площадь участка складирования ТБО определяется по формуле:

$$S_{y.c.} = 3V_{II} / H,$$

где H – проектируемая высота полигона, м.

Требуемая площадь полигона составит:

$$S = 1,1 S_{y.c.} + S_{доп},$$

где $S_{доп}$ – площадь участка хозяйственной зоны и площадки мойки контейнера (в среднем $S_{доп} = 1,0$ га).

Нормируемый размер санитарно-защитной зоны полигона составляет 500 м. Создание полигонов и СЗЗ вокруг них требует отчуждения больших земельных площадей (40...200 га). Полигоны нельзя размещать ближе 15 км от аэропортов. Не допускается размещение полигонов на территории 1-го и 2-го поясов зон санитарной охраны водоисточников, в местах массового отдыха населения и оздоровительных учреждений.

При выборе участка для размещения полигона учитывают гидрологические условия местности. Грунтовые воды на участке полигона должны залегать на глубине более 2 м. Нельзя использовать под полигоны болота, затопляемые территории, районы геологических разломов. Предпочтение отдается участкам залегания водоупорных пород – глин, суглинков.

На количественную характеристику выбросов загрязняющих веществ с полигонов отходов влияет большое количество факторов, среди которых:

- климатические условия;
- рабочая (активная) площадь полигона;
- сроки эксплуатации полигона;
- количество захороненных отходов;

- мощность слоя складированных отходов;
- соотношение количеств завезённых бытовых и промышленных отходов;
- морфологический состав завезённых отходов;
- влажность отходов;
- содержание органической составляющей в отходах;
- содержание жироподобных, углеводородных и белковых веществ в органике отходов;
- технология захоронения отходов.

Продуктом анаэробного разложения органической составляющей отходов является биогаз, представляющий собой в основном смесь метана и углекислого газа. Система сбора биогаза состоит из нескольких рядов вертикальных колодцев (газодренажных скважин) или горизонтальных траншей. Последние заполнены песком или щебнем и перфорированными трубами.

Удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении применительно к абсолютно сухому веществу отходов определяется по уравнению:

$$Q = 10^{-4} R(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б),$$

где Q – удельный выход биогаза за период его активной генерации, кг/кг отходов;

R – содержание органической составляющей в отходах, %;

$Ж$ – содержание жироподобных веществ в органике отходов, %;

$У$ – содержание углеводородных веществ в органике отходов, %;

$Б$ – содержание белковых веществ в органике отходов, %.

R , $Ж$, $У$ и $Б$ определяются анализами забираемых проб отходов.

В реальных условиях отходы содержат определённое количество влаги, которая сама по себе биогаз не генерирует. Следовательно, выход биогаза, отнесённый к единице веса реальных влажных отходов, будет меньше, чем отнесённый к той же единице абсолютно сухих отходов в $10^{-2} (100 - W)$ раз,

так как в весовой единице влажных отходов абсолютно сухих отходов, генерирующих биогаз, будет всего $10^{-2} (100 - W)$ от этой единицы (здесь W – фактическая влажность отходов, %, определённая анализаторами проб отходов).

С учётом вышесказанного уравнение выхода биогаза при метановом брожении реальных влажных отходов принимает вид:

$$Q_W = 10^{-6} R(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б),$$

где сомножитель $10^{-2} (100 - W)$ учитывает, какова доля абсолютно сухих отходов в общем количестве реальных влажных отходов.

Количественный выход биогаза за год (кг/т отходов в год), отнесённый к одной тонне отходов, определяется по формуле:

$$P_{уд} = \frac{Q_W}{t_{сбр}},$$

где $t_{сбр}$ – период полного сбразивания органической части отходов, лет, определеляемый по приближённой эмпирической формуле:

$$t_{сбр} = \frac{10248}{T_{тепл} \cdot t_{ср.тепл}^{0,301966}},$$

где $t_{ср.тепл}$ – средняя из среднемесячных температура воздуха в районе полигона твёрдых бытовых и промышленных отходов (ТБО и ПО) за тёплый период года ($t > 0$), °С;

$T_{тепл}$ – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТБО и ПО, дни; 10248 и 0,301966 – удельные коэффициенты, учитывающие термическое разложение органики.

Для определения плотности биогаза, кг/м³, применяется формула:

$$\rho_{б.г.} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i,$$

где C_i – концентрация i -го компонента в биогазе, мг/м³.

Используя полученные анализами концентрации компонентов и биогазе и рассчитанную его плотность,

определяется весовое процентное содержание этих компонентов в биогазе:

$$C_{\text{вес.}i} = 10^{-4} \frac{C_i}{\rho_{\text{б.г.}}},$$

По рассчитанным количественному выходу биогаза за год, отнесённому к 1 тонне отходов и весовым процентным содержаниям компонентов в биогазе определяются удельные массы компонентов, кг/тонн отходов в год, по формуле:

$$P_{\text{уд.}i} = \frac{C_{\text{вес.}i} \cdot P_{\text{уд}}}{100},$$

Для расчёта величин выбросов подсчитывается количество активных отходов, стабильно генерирующих биогаз, с учётом того, что период стабильного активного выхода биогаза в среднем составляет 20 лет и что фаза анаэробного стабильного разложения органической составляющей отходов наступает спустя в среднем 2 года после захоронения отходов, то есть отходы, завезённые в последние два года, не входят в число активных.

Таким образом, если полигон функционирует менее 20 лет, то учитываются все отходы, за исключением завезённых в последние 2 года, а если полигон функционирует более 20 лет, то учитываются только отходы, завезённые в последние 20 лет, за исключением отходов, ввезённых в последние 2 года.

Максимальные разовые выбросы i -го компонента биогаза с полигона, г/с, определяются по формуле:

$$M_i = 0,01 \cdot C_{\text{вес.}i} M_{\text{сум}},$$

где

$$M_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{уд}} \sum D}{86,4 \cdot T_{\text{тепл}}},$$

где $\sum D$ – количество активных, стабильно генерирующих биогаз отходов, т;

$T_{\text{тепл}}$ – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТБО, дней.

Биогаз образуется неравномерно в зависимости от времени года. При отрицательных температурах процесс «мезофильного сбраживания» (до 55 °С) органической части ТБО и ПО прекращается, происходит т. н. «законсервирование» до наступления более тёплого периода года ($t_{ср.мес.} > 0$ °С).

Приведённая формула для вычисления максимального разового выброса i -го компонента справедлива только в тёплый период года ($t_{ср.мес.} > 8$ °С). При обследовании в более холодное время ($0 < t_{ср.мес.} \leq 8$ °С), что нецелесообразно хотя бы из-за дополнительных погрешностей измерения, в формуле следует применять повышающий коэффициент неравномерности образования биогаза 1,3.

С учётом коэффициента неравномерности валовые выбросы i -го загрязняющего вещества с полигона, т/год, определяются по формуле:

$$G_{сум} = M_{сум} \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1.3} \right) \cdot 10^{-6},$$

$$G_i = 0.01 \cdot C_{вес.i} \cdot G_{сум},$$

где a и b – периоды, соответственно, тёплого и холодного периода года в месяцах (a при $t_{ср.мес.} > 8$ °С, b – при $0 < t_{ср.мес.} \leq 8$ °С).

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое твёрдые бытовые отходы?
2. Полигон ТБО и его характеристики.
3. Какие факторы влияют на выбросы загрязняющих веществ с полигонов?
4. Методика расчета выброса биогаза с полигона ТБО и отдельных его компонентов.

Практическая работа 6

Полигоны ТБО и их влияние на окружающую среду

Цель работы: получение практических навыков определения основных показателей полигонов твёрдых бытовых отходов, характеризующих степень воздействия на окружающую среду.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор

Таблица 24 – Варианты заданий к практической работе 6

Показатели	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Расчётный срок эксплуатации, лет	15	20	30	25	30	30	25	20	15	30	30	30	25	30	25
Численность населения, тыс.чел.:															
– в первый год	58	75	105	84	59	110	35	26	45	52	34	47	86	95	78
– в последний год	61	79	112	88	65	116	39	30	48	61	41	52	92	103	82
Накопление отходов в первый год, т/чел.	0,28	0,25	0,29	0,24	0,26	0,25	0,29	0,31	0,32	0,24	0,27	0,26	0,28	0,24	0,20
Масса катка-уплотнителя, т	5	12	12	12	20	22	6	14	14	20	4	12	13	6	12
Проектируемая высота, м	25	15	25	30	50	55	30	18	20	55	23	30	16	26	21
Содержание органической составляющей, %	40	62	60	59	65	57	49	69	72	75	63	68	57	52	64
Содержание в органической составляющей веществ, %															
– жироподобных	12	16	25	18	26	34	17	22	12	14	21	20	16	18	19
– углеводородных	35	42	38	24	31	22	27	21	29	19	18	22	26	20	24
– белковых	53	42	37	58	43	44	56	57	59	67	61	58	58	62	57
Влажн. отходов, %	10	12	16	12	11	18	16	14	12	8	5	11	14	12	12

Задание: рассчитать площадь полигона твёрдых бытовых отходов и объём выделяющегося при разложении отходов биогаза в целом и по компонентам.

Ход работы:

- 1 Описать методику расчёта площади полигона и объёма биогаза
- 2 Выполнить расчет площади полигона по представленным данным (таблица 24).

Таблица 25 – Среднемесячные температуры воздуха в районе полигона

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура, °С	-10	-9	-4	+4	+12	+16	+18	+16	+10	+4	-2	-8

- 3 Рассчитать удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении и количественный выход биогаза за год.
- 4 Определить плотность выделяющегося биогаза, если концентрации его компонентов, полученные анализами, следующие (мг/м³): CH₄ – 1,25; CO₂ – 0,78; N₂ – 0,02; H₂S – 0,01.
- 5 Рассчитать весовое процентное содержание компонентов и их удельные массы, максимальные разовые выбросы и валовые выбросы. Результаты занести в таблицу:

Компонент	Концентрация в биогазе, мг/м ³	Весовое содержание, %	Удельная масса, кг/т отходов в год	Максимальные разовые выбросы, г/с	Валовые выбросы, т/год
Метан					
Диоксид углерода					
Азот					
Сероводород					

- 6 Сделать вывод.

Литература

1 Алексеенко, В. А. Геохимические системы биосферы. Эколого-геохимическое состояние [Текст] / В. А. Алексеенко. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2003. – 194 с.

2 Антоненко, И. В. Мониторинг и охрана городских земель: конспект лекций [Текст] / И. В. Антоненко. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 96 с.

3 Байтелова, А. И. Источники загрязнения объектов окружающей среды: методические указания к лабораторным и практическим занятиям [Текст] / А. И. Байтелова, С. В. Шабанова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 47 с.

4 Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов [Текст]: утв. М-вом строит. Российской Федерации 2.11.1996. – М., 1996. – 39 с.

5 Методика расчёта количественных характеристик выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от полигонов твёрдых бытовых и промышленных отходов [Текст] / Н. Ф. Абрамов [и др.]. – М., 2004. – 20 с.

6 Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Основы экологии и неэкологии» (для студентов специализации 7.070801.04 «Экологическая геология») [Текст] / Сост. Л. И. Коваленко, Н. П. Омельченко. – Донецк: ДонНТУ, 2004. – 12 с.

7 Стурман, В. И. Экологическое картографирование: учебное пособие [Текст] / В. И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.

8 Тетиор, А. Н. Архитектурно-строительная экология [Текст] / А. Н. Тетиор. – М.: Академия, 2008. – 368 с.

9 Хомич, В. А. Экология городской среды: учеб. пособие для вузов [Текст] / В. А. Хомич. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2002. – 267 с.

10 Экология города [Текст] / под. ред. Ф. В. Стольберга – Киев: Либра, 2000. – 464 с.

11 Экология города [Текст] / под ред. В. В. Денисова. – М.: МарТ, 2008. – 832 с.

Учебное издание

Соколов Александр Сергеевич

**УРБОЭКОЛОГИЯ
ПРАКТИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО СПЕЦКУРСУ**

Подписано в печать ____ () Формат 60x80 1/16. Бумага писчая № 1. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. ____ . Уч.-изд. л. ____ . Тираж ____ экз.

Отпечатано в учреждении образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
246019, г. Гомель, ул. Советская, 104