

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра географической экологии**

**Н. Д. ГРИЩЕНКОВА
Ю. А. РОМАНКЕВИЧ**

ГЕОЭКОЛОГИЯ ГОРОДА

**Практикум
для студентов географического факультета
специальности 1-33 01 02 «Геоэкология»**

**МИНСК
2018**

УДК 502.22 (075.8)
ББК 20.1я73
Г85

Рекомендовано
учебно-методической комиссией географического факультета
25 апреля 2018 г., протокол № 8

Р е ц е н з е н т
кандидат географических наук,
доцент *Н. В. Ковальчик*

Грищенко, Н. Д.
Г85 Геоэкология города : практикум для студентов геогр. фак.
 спец. 1-33 01 02 «Геоэкология» / Н. Д. Грищенко, Ю. А. Ро-
 манкевич. – Минск : БГУ, 2018. – 48 с.

Практикум разработан в соответствии с учебной программой курса «Геоэкология города» и содержит практические задания по различным аспектам экологической безопасности городской среды – почвенному покрову, воздушной и водной среде, шумовому загрязнению, проблеме утилизации отходов.

Предназначен для студентов географического факультета специальности 1-33 01 02 «Геоэкология».

УДК 502.22 (075.8)
ББК 20.1я73

© БГУ, 2018

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ГОРОДА

Цель работы: освоить методику определения геохимического типа вод по формуле Курлова, научиться рассчитывать коэффициент геохимического воздействия города (K_v), индекс загрязнения вод (ИЗВ) и определять экологический статус участков речных экосистем города.

Теоретическая часть

Интенсивное использование водных ресурсов приводит к увеличению техногенных нагрузок и загрязнению водных объектов. Загрязнение водных объектов – это поступление в водоем или водоток загрязняющих веществ, микроорганизмов и тепла, нарушающих природный состав и свойства воды.

В городах и зонах их влияния поверхностные воды испытывают наиболее интенсивную техногенную нагрузку, поскольку здесь сосредоточены основные источники воздействия: промышленные предприятия, системы водоснабжения и водоотведения, различные транспортные коммуникации, накопители коммунальных и промышленных отходов и пр.

Одним из существенных источников загрязнения водотоков и водоемов в пределах городов является сток дождевых и талых снеговых вод. Концентрации техногенных примесей, содержащихся в поверхностном стоке, поступающем в дождевую сеть, изменяются в широком диапазоне и зависят как от уровня благоустройства, так и от функционального назначения территории. Степень загрязнения поверхностного стока с застроенной территории близка, а по некоторым показателям значительно превышает загрязненность хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод.

В пределах промышленных, транспортных и жилых зон города в водах содержится большое количество хлоридов, натрия, калия, аммонийного азота, реакция вод соответствует слабощелочному типу. Поверхностный сток в период снеготаяния содержит азот во всех трех формах. В стоке ландшафтно-рекреационных зон преобладает нитратная форма, свидетельствующая о благоприятных условиях окисления, в то время как для вод транспортной и жилой зон характерно преобладание аммонийной формы азота, указывающей на слабопротекающие окислительные процессы.

Для оценки возможности использования воды водных объектов для целей водопользования устанавливаются *нормативы качества вод* – установленные нормативными актами Республики Беларусь общезначимые, биологические, химические показатели качества и предельно-допустимые концентрации веществ в воде водного объекта, в пределах которых обеспечиваются безопасные условия водопотребления и водоотведения.

Основным критерием для оценки качества вод является *предельно допустимая концентрация (ПДК)* загрязняющего вещества в водной среде – максимальная концентрация вещества, которая не ухудшает гигиенические условия использования воды и не оказывает негативного влияния на биоту и человека.

По характеру использования и нормирования качества вод водные объекты делятся на две категории: водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) назначения и водоёмы рыбохозяйственного назначения. Показатели качества воды и нормативы ПДК веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов [7] являются наиболее жесткими, разработаны для широкого спектра показателей и чаще используются при проведении оценки качества водных объектов в городах.

Практическая часть

Задание 1. Проанализировать изменение гидрохимической обстановки по направлению течения реки, охарактеризовав изменение минерализации, химического состава и тип геохимической трансформации.

1. Определить долю каждого иона в солевом составе вод, пересчитав содержание ионов в мг-экв/дм³ по формуле

$$C \text{ (мг-экв/дм}^3\text{)} = C \text{ (мг/дм}^3\text{)} \cdot K_{\text{п}}, \quad (1.1)$$

где C – содержание иона в водах; $K_{\text{п}}$ – коэффициент пересчета.

Таблица 1.1

**Коэффициенты пересчета содержания катионов и анионов
из мг/дм³ в мг-экв/дм³ ($K_{\text{п}}$)**

Ионы	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+
$K_{\text{п}}$	0,0164	0,0282	0,0282	0,0500	0,0822	0,0435	0,0256

2. Рассчитать процентное содержание ионов в %-экв отдельно для катионов и анионов, исходя из равенства $\Sigma \text{ мг-экв/дм}^3 = 100\%$. Полученные индексы, предварительно округлив до целых значений, представить формулой Курлова (эквивалентная форма выражения результатов химических анализов пресных вод, позволяющая представить основные макрокомпоненты, выраженные в химически равноценных единицах, пропорционально которым они вступают в реакцию и связаны в солях, будучи в твердом состоянии).

Для этого, в числителе и знаменателе формулы записать анионы и катионы раздельно, в порядке убывания их индексов (%-экв) слева направо. Указать общую минерализацию вод, выраженную в г/дм^3 , подставив нижний индекс M_x . Полученные результаты представить следующим образом:

$M_{0,8}$	$\text{HCO}_3^- (53) \text{ SO}_4^{2-} (25) \text{ Cl}^- (22)$	Сульфатно-гидрокарбонатные магниево-кальциевые
	$\text{Ca}^{2+} (70) \text{ Mg}^{2+} (25) \text{ K}^+ (3) \text{ Na}^+ (2)$	

3. На основании данных, представленных формулой Курлова, сформулировать название химического состава вод, соблюдая следующий порядок:

- сначала дается название анионного, затем катионного состава;
- в названии участвуют только катионы и анионы с долей, равной или большей 25 %;
- анионы с долей более 25 % определяют тип вод, катионы – класс;
- анионы и катионы с долей менее 25 % в названии не участвуют, однако, свидетельствуют об обогащении вод данными компонентами;
- анион и катион с наибольшим весом ставятся в названии на последнее место и имеет определяющее значение;
- на основании значения минерализации определяют степень минерализации в соответствии с классификацией (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Классификация вод по степени минерализации [1]

Минерализация, мг/дм^3	Степень минерализации
<100	Очень малая
100 – 200	Малая
200 – 500	Средняя
500 – 1000	Повышенная
>1000	Высокая

Например, полное название для вод, исходя из формулы представленной выше: сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды повышенной минерализации, в значительной степени обогащенные хлоридами, в меньшей – калием и натрием.

4. Сравните формулы Курлова, полученные для участка речной экосистемы выше и ниже города. Сделайте вывод о соответствии или несоответствии вод исследуемого участка зональному типу и классу.

При выполнении задания примите во внимание, что для природных вод Беларуси характерен гидрокарбонатный тип и кальциевый или магниевый класс (динамика основных катионов, определяющих класс, чаще всего связана с сезонными особенностями изменения химического состава). Такой тип и класс являются зональными. Если в формуле Курлова место главного аниона (HCO_3^-) занимает другой – принято говорить о трансформации типа вод, если главным катионом (вместо Ca^{2+} или Mg^{2+}) становится K^+ или Na^+ - отмечают трансформацию класса. При выявлении трансформации типа и класса воды называют азональными, что свидетельствует о существенных техногенных изменениях и необходимости реабилитации водного объекта. Также общеизвестным фактом является высокая доля хлоридов в составе городских вод, что нередко приводит к трансформации типа и связано с внесением противогололедных смесей на городские территории. Сульфаты, натрий и калий поступают в составе промышленных стоков и стоков коммунального хозяйства. По сравнению с фоновыми аналогами воды городских водоемов и водотоков отличаются повышенной минерализацией.

Задание 2. Определить степень влияния города на изменение концентраций исследуемых компонентов на основании коэффициента воздействия города, используя данные таблицы 1.9. Для оценки влияния города на химический состав речных вод рассчитываются коэффициенты геохимического воздействия города (K_B) на речные воды с использованием формулы

$$K_B = \frac{C_n - C_v}{C_n}, \quad (1.2)$$

где C_n – содержание элемента в воде ниже города, C_v – содержание элемента в воде выше города.

Значимость коэффициента геохимического воздействия города возрастает по мере приближения значения к 1.

Задание 3. Рассчитать индекс загрязнения вод (ИЗВ) в пунктах выше и ниже города на основании данных таблицы 1.9, определить класс качества вод. Согласно полученным результатам сделать выводы об изменении качества речных вод и влияния городской среды.

В основе определения ИЗВ лежат среднегодовые концентрации шести ингредиентов, имеющих наибольшую кратность превышения ПДК ($C_i / ПДК_i$). В число шести основных, так называемых «лимитируемых» показателей, входят в обязательном порядке концентрация растворенного кислорода и легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅).

Расчет ИЗВ производят по формуле

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (1.3)$$

где C_i – концентрация i -го компонента, $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация по i -му компоненту.

Учитывая, что с увеличением содержания легкоокисляемых органических веществ (уменьшением содержания растворенного кислорода) качество вод снижается более резко, ПДК для этих показателей, а также для рН, принимается по таблице 1.3 (для остальных показателей по таблице 1.5). При этом для кислорода находится отношение $ПДК_i$ к C_i .

Таблица 1.3

Нормативные величины БПК₅, растворенного кислорода и рН

Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅), мг О ₂ /дм ³	ПДК, мг О ₂ /дм ³
≤ 3,0	3
3,1 - 15,0	2
> 15,0	1
Содержание растворенного кислорода, мг О ₂ /дм ³	ПДК, мг О ₂ /дм ³
≥ 6,0	6
5,0 – 5,9	12
4,0 – 4,9	20
3,0 – 3,9	30
2,0 – 2,9	40
1,0 – 1,9	50
0,0 – 0,9	60
Водородный показатель (рН), ед.	Значение слагаемого $C_i / ПДК_i$
6,0 – 6,4 и 8,6 – 9,0	2
5,0 – 5,9 и 9,1 – 9,5	5
< 5,0 и > 9,5	20

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Классификация качества воды в зависимости от значения индекса загрязнения

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	< 0,21	1
Чистые	0,21–1,00	2
Умеренно загрязненные	1,01–2,00	3
Загрязненные	2,01–4,00	4
Грязные	4,01–6,00	5
Очень грязные	6,01–10,00	6
Чрезвычайно грязные	> 10,00	7

Задание 4. Определить химический (гидрохимический) статус речной экосистемы, следуя порядку его определения в [14], используя данные таблицы 1.9. Полученные результаты представить в виде таблицы. Сделать выводы о влиянии городской среды на изменение гидрохимического статуса изучаемого участка речной экосистемы.

На первом этапе проводится обработка результатов наблюдений. При обработке массива данных исключаются максимальные значения гидрохимических показателей (для растворенного кислорода - минимальная концентрация), из оставшихся выбирается наихудшее значение. В нашем случае оцениваемый период состоит из одного наблюдения, поэтому в расчет принимаются все значения гидрохимических показателей.

На втором этапе проводится сравнение выбранных значений гидрохимических показателей с диапазонами значений данных показателей, установленных для различных типов рек / участков рек в пределах речных бассейнов Западной Двины, Немана, Западного Буга, Днестра и Припяти. В зависимости от абсолютной высоты и площади водосбора выделены 4 типа рек / участков рек [14]. В нашем примере для сравнения используем диапазоны гидрохимических показателей для водотоков типов 1 и 2 бассейна Немана (табл. 1.5). При сравнении для каждого показателя выше и ниже города (табл. 1.9) присваивается соответствующий класс качества. Полученные данные занести в таблицу 1.8.

На третьем этапе из установленных классов в пределах каждой группы (газовый состав, ионы водорода, органические вещества, азотсодержащие вещества, фосфорсодержащие вещества, металлы, загрязняющие вещества) выбирается только один класс, выраженный наибольшим числовым значением. Выбранный класс качества является классом качества группы.

Таблица 1.5

Диапазоны значений гидрохимических показателей для речных экосистем [14]

Наименование показателя / группы показателей		Единицы измерения	Класс качества					ПДК*	
			1	2	3	4	5		
Газовый состав									
1	Растворенный кислород	мгО ₂ /дм ³	≥7,5	6,0–7,4	5,0–5,9	2,0–4,9	2,0	3-6	
Ионы водорода									
2	Водородный показатель (рН)	минимум	Ед.	7,0	6,5–6,9	6,0–6,4	5,5–5,9	5,5	6,5
		максимум		8,0	8,1–8,5	8,6–9,0	9,1–9,5	9,5	8,5
Органические вещества									
3	Биохимическое потребление кислорода БПК ₅	мгО ₂ /дм ³	≤1,4	1,5–3,0	3,1–4,4	4,5–6,0	6,0	≤ 3	
Азотсодержащие вещества									
4	Аммоний-ион	мг/Ндм ³	≤0,25	0,26–0,39	0,40–0,64	0,65–0,78	0,78	0,39	
5	Нитрит-ион	мг/Ндм ³	≤0,016	0,017–0,024	0,025–0,040	0,041–0,048	0,048	0,024	
6	Нитрат-ион	мг/Ндм ³	≤1,0	1,1–3,0	3,1–4,0	4,1–5,0	>5,0	9,03	
Фосфорсодержащие вещества									
7	Фосфат-ион	мг/Рдм ³	≤0,033	0,034 – 0,066	0,067 – 0,099	0,100 – 0,132	0,132	0,066	
Металлы									
8	Медь	мг/дм ³	≤0,0023	0,0024–0,0037	0,0038–0,0044	0,0045–0,0053	0,0053	0,001	
9	Цинк	мг/дм ³	≤0,006	0,007–0,009	0,010–0,011	0,012–0,013	0,013	0,01	
10	Железо (общее)	мг/дм ³	≤0,095	0,096–0,155	0,156–0,186	0,187–0,223	0,223	0,1	
11	Никель	мг/дм ³	≤0,0050	0,0051–0,0100	0,0101–0,0150	0,0151–0,0200	0,0200	0,01	
12	Хром	мг/дм ³	≤0,0010	0,0011–0,0050	0,0051–0,0060	0,0061–0,0100	0,0100	0,005	
Загрязняющие вещества									
13	Нефть и нефтепродукты (НП)	мг/дм ³	≤0,022	0,023 – 0,050	0,051–0,072	0,073–0,100	0,100	0,05	
14	СПАВ анионоактивные	мг/дм ³	≤0,020	0,021–0,100	0,101–0,150	0,151–0,200	0,200	0,1	

*- приведены ПДК для рыбохозяйственных водных объектов [7]

На четвертом этапе каждой группе гидрохимических показателей в зависимости от класса присваиваются баллы от 0 до 8 в соответствии с таблицей 1.6. Химический (гидрохимический) статус речной экосистемы определяется по сумме баллов, присвоенных группам, в соответствии с таблицей 1.7.

Таблица 1.6

Присвоение баллов для групп показателей [14]

Класс качества	балл
1	8
2	6
3	4
4	2
5	0

Таблица 1.7

Определение химического (гидрохимического) статуса речных экосистем на основании суммирования баллов всех групп гидрохимических показателей [14]

Сумма баллов	Химический (гидрохимический) статус
43 – 56	отличный
29 – 42	хороший
15 – 28	удовлетворительный
1 – 14	плохой
0	очень плохой

Проведите анализ полученных данных и дайте оценку влияния городской среды на изменение гидрохимического статуса изучаемого участка речной экосистемы.

На основании выполненных расчетов заполните таблицу 1.8.

Таблица 1.8

Пример представления результатов расчетов

Группа показателей / показатели	Вариант 1					
	выше города			ниже города		
	значение	класс качества	балл	значение	класс качества	балл
Газовый состав	-	2	6	-	4	2
- растворенный кислород	6,0	2	-	4,0	4	-
...						
Загрязняющие вещества	-	2	6	-	4	2
- нефтепродукты (НП)	0,020	1	-	0,080	4	-
- СПАВ	0,100	2	-	0,150	3	-
Гидрохимический статус	характеристика		сумма баллов	характеристика		сумма баллов
	хороший		30	плохой		10

Таблица 1.9

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в пробах воды, мг/дм³

В-т	рН, ед.	раств. кисло- род	БПК ₅	НСО ₃ ⁻	СГ	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	P	Fe	Zn	Ni	Cr	Cu	НП	СПАВ	Мин- ция
1	7,01*	3,0	2,9	256,3	23,1	52,8	3,41	0,003	0,08	80,2	22,4	10,8	5,4	0,031	0,05	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,03	0,1	454,8
	8,77**	3,2	4,7	320,4	51,3	78,0	4,65	0,003	0,34	90,0	34,1	18,2	7,2	0,067	0,06	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,06	0,2	604,7
2	7,46*	3,0	2,9	286,8	17,5	28,8	2,09	0,006	0,31	52,9	21,4	7,2	3,1	0,016	0,09	0,1	0,009	0,004	0,0009	0,03	0,1	420,5
	8,61**	3,4	5,1	345,1	43,9	39,8	3,02	0,006	0,32	59,1	26,2	9,8	4,5	0,072	0,09	0,1	0,009	0,005	0,0009	0,08	0,2	532,2
3	7,90*	2,3	2,6	403,4	18,5	24,1	3,49	0,021	0,16	64,3	24,3	7,8	4,2	0,015	0,07	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,02	0,1	550,6
	8,66**	3,5	3,3	461,7	41,6	36,6	3,61	0,023	0,36	89,9	24,9	10,2	6,9	0,336	0,08	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,09	0,2	676,6
4	7,98*	3,0	2,2	229,8	26,4	13,4	2,11	0,005	0,28	77,0	21,4	8,8	7,4	0,051	0,04	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,04	0,1	386,9
	8,76**	4,5	4,3	317,8	54,7	59,6	3,02	0,023	0,38	90,3	26,9	11,2	9,2	0,309	0,06	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,07	0,2	573,9
5	8,10*	2,7	2,9	309,5	26,3	40,3	3,49	0,018	0,09	79,1	21,4	14,8	7,0	0,051	0,09	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,04	0,1	502,4
	8,90**	5,0	5,5	412,4	60,8	50,1	4,66	0,02	0,36	90,3	22,4	16,3	9,8	0,218	0,09	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,05	0,2	667,8
6	8,40*	2,9	2,4	290,3	24,7	11,8	2,09	0,015	0,37	62,5	21,4	13,3	5,7	0,069	0,09	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,04	0,1	432,6
	8,88**	4,7	3,3	389,7	41,2	30,1	3,08	0,020	0,37	68,9	24,4	38,0	6,8	0,475	0,09	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,06	0,2	603,5
7	8,08*	2,9	2,2	307,1	23,0	24,5	3,49	0,009	0,08	60,9	21,4	19,2	4,2	0,007	0,08	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,03	0,1	464,2
	9,03**	5,1	5,2	308,9	39,4	30,7	3,99	0,012	0,11	67,3	24,3	33,6	7,2	0,175	0,09	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,11	0,2	516,2
8	8,40*	2,6	3,0	250	21,6	14,8	2,19	0,003	0,36	64,3	26,2	10,2	6,0	0,015	0,05	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,04	0,1	396,0
	8,55**	3,3	3,2	259,4	60,3	40,6	3,79	0,021	0,39	89,8	29,1	15,4	9,2	0,217	0,06	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,45	0,2	509,0
9	7,99*	2,2	2,9	278,5	26,9	32,8	3,56	0,003	0,08	60,4	22,5	10,9	5,5	0,032	0,09	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,04	0,1	441,5
	8,60**	4,3	3,4	306,7	50,8	44,4	4,98	0,005	0,38	69,4	34,7	19,2	7,3	0,067	0,09	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,09	0,2	538,4
10	7,71*	2,9	2,3	219,7	29,7	28,9	2,09	0,009	0,31	50,2	21,4	7,2	3,2	0,016	0,07	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,05	0,1	363,1
	8,61**	5,5	3,5	300,8	41,2	39,4	3,12	0,006	0,34	60,4	26,9	9,9	4,5	0,072	0,08	0,1	0,009	0,002	0,0009	0,15	0,2	487,2

*- фактические значения, характеризующие состояние участка речной экосистемы выше города; **- ниже города

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

ОЦЕНКА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ГОРОДА

Цель работы: освоить методику расчета химического загрязнения почв с использованием суммарного показателя загрязнения и дать оценку степени опасности химического загрязнения почв города.

Теоретическая часть

Почвенный покров в городах подвержен интенсивному техногенному воздействию. Одним из наиболее опасных проявлений такого воздействия является *химическое загрязнение почв* – привнесение или возникновение в почвах новых, нехарактерных для них химических элементов и их соединений, или превышение естественного фоновое содержания или нормативов допустимой концентрации химических веществ в почвах. Наиболее масштабное загрязнение в городах происходит в зонах воздействия промышленных объектов, транспорта и коммунально-бытовых предприятий.

Значительную опасность для здоровья человека представляет загрязнение почв *тяжелыми металлами (ТМ)* – химическими элементами с атомной массой более 40 и плотностью 5 г/см³ и более, которые обладают способностью к накоплению и при попадании в организм человека и животных даже в малых количествах могут вызвать отравления, острые и хронические заболевания (свинец, кадмий, цинк, медь, хром, ртуть, мышьяк и другие).

Установлено, что общая масса металлов, поступающих от антропогенных источников, значительно выше природного поступления. Главные антропогенные источники поступления металлов в биосферу – топливные электростанции и теплоцентрали, предприятия по добыче и переработке черных и цветных металлов, машиностроительная и химическая промышленность, жилищно-коммунальные комплексы, сельскохозяйственное производство. Существенным локальным источником поступления металлов в почвы являются осадки сточных вод.

Основными характеристиками почвы, позволяющими оценить ее химическое загрязнение, являются фактическое содержание химических веществ в почве, а также относительные величины (коэффициенты и показатели), получаемые при сравнении значений с фоном или гигиеническими нормативами. При оценке химического загрязнения почв городской территории используются следующие показатели.

Геохимический фон – среднее модальное значение геохимического показателя и статистически допустимый интервал его изменения, свойственные изучаемому геологическому пространству, а именно эталонным фоновым участкам, расположенным вне зоны влияния промышленного и сельскохозяйственного загрязнения.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) химического вещества в почве – это максимальное количество вещества, которое не вызывает прямого или опосредованного отрицательного воздействия на здоровье настоящего и последующих поколений человека и экосистему. *Ориентировочно-допустимая концентрация (ОДК) химического вещества в почве* – государственный временный гигиенический регламент максимального допустимого содержания химического вещества в почве, определяемый расчетным путем (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Предельно и ориентировочно допустимые концентрации некоторых химических веществ в почве [2]

Наименование вещества	ПДК, мг/кг почвы	Наименование вещества	ОДК, мг/кг почвы
Мышьяк	2,0	Хром	100,0
Ванадий	150,0	Цинк	55,0
Свинец	32,0	Кадмий	0,5
Ртуть	2,1	Медь	33,0
Нефтепродукты	100,0	Никель	20,0

Практическая часть

Задание 1. Для каждого участка определите основные загрязняющие почву вещества, концентрации которых превышают установленные нормативы. Для выполнения задания используйте фактический материал, представленный в таблице 2.4, и значения ПДК/ОДК химических веществ в почвах (табл. 2.1).

Задание 2. С использованием полученных значений рассчитайте *суммарный показатель загрязнения почв (Z_c)*, характеризующий эффект воздействия ассоциации химических элементов, по формуле

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{ПДК_i} - (n - 1) \quad (2.1)$$

где $K_{ПДК_i}$ – коэффициент предельной концентрации i -го элемента (содержание химического элемента в объекте к ПДК/ОДК); n – число элементов с $K_{ПДК_i} > 1,0$.

Коэффициент концентрации рассчитывается по формуле

$$K_{\text{ПДК}i} = \frac{C_i}{\text{ПДК}i}, \quad (2.2)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в почве, $\text{ПДК}i$ – предельно или ориентировочно допустимая концентрация i -го элемента в почве.

По суммарному показателю загрязнения определяется степень деградации земель в результате химического загрязнения (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Оценочная шкала степени деградации земель в результате химического загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения [8]

Степень деградации земель	Величина Zc
Низкая	1,1 - 5,0
Средняя	5,1–20,0
Высокая	20,1–50,0
Очень высокая	>50,0

Задание 3. Проведите анализ полученных данных и дайте оценку степени деградации земель в результате их химического загрязнения на каждом участке с использованием данных таблицы 2.2.

На основании выполненных расчетов заполните таблицу 2.3.

Таблица 2.3

Форма представления результатов расчетов

Показатели	Вариант 1				
	Номер загрязненного участка				
	1	2	3	4	5
Вещество, мг/дм ³	Превышение ПДК/ОДК, разы				
Кадмий					
Свинец					
Цинк					
Медь					
Хром					
Никель					
Мышьяк					
Нефтепродукты					
Zc					
Степень деградации земель					

Таблица 2.4

Содержание загрязняющих веществ в почвах города, мг/дм³

В-г	номер участка	кадмий	свинец	цинк	медь	хром	никель	мышьяк	нефтепродукты
1	1	1,1	65,2	168,9	89,4	102,8	136,6	1,2	468,3
	2	3,2	233,6	274,9	246,5	422,3	102,3	2,8	689,5
	3	0,2	42,8	89,2	76,2	186,4	16,8	0,4	282,2
	4	1,6	87,6	89,0	86,1	121,4	223,6	11,6	634,5
	5	0,6	52,1	101,5	41	244,7	28,8	1,8	197,1
2	1	1,2	62,4	384,3	177,5	188,2	56,3	4,5	128,6
	2	1,8	36,1	64,3	27,3	98,2	35,3	1,9	248,3
	3	2,7	35,2	76,3	48,5	134,7	9,8	1,9	648,3
	4	0,6	48,6	98,1	16	121,4	25,4	2,2	127,2
	5	0,2	36,3	78,4	61,7	97,9	26,8	1,0	279,1
3	1	1,8	84,9	154,3	49,6	77,8	45,3	1,5	539,6
	2	1,2	136,7	278,2	61,8	81,9	67,8	4,0	279,2
	3	2,4	276,1	96,9	203,7	269,8	101,6	1,7	564,7
	4	4,7	96,3	107,4	44,3	94,5	59,7	2,4	2245,7
	5	1,8	28,4	233,7	226,3	136,2	19,4	7,5	937,4
4	1	2,7	91,6	87,7	197,3	164,5	89,7	4,4	554,1
	2	0,9	28,1	33,9	26,3	36,2	19,4	1,4	937,1
	3	2,0	86,4	99,7	38,9	102,9	34,5	1,1	238,6
	4	2,7	235,5	96,3	148,1	98,7	19,8	12,9	1257,3
	5	0,3	55,6	78,1	96,5	21,4	25,4	1,3	151,2
5	1	0,3	28,5	64,2	26,2	96,2	119,2	2,4	69,1
	2	2,7	92,4	98,2	125,7	92,2	187,5	2,1	1010,9
	3	0,3	28,5	108,5	78,4	22,4	110,6	4,4	556,7
	4	1,4	194,7	272,7	37,3	182,5	44,8	11,4	524,3
	5	2,2	37,5	111,3	98,2	278,8	127,8	0,7	447,2
6	1	0,9	73,8	111,2	38,7	92,2	24,5	1,1	77,9
	2	1,7	94,6	98,4	116,4	222,4	10,6	0,3	166,7
	3	1,4	134,5	111,3	58,1	198,5	29,8	1,8	647,4
	4	0,8	144,9	74,5	109,3	112,1	144,5	21,9	544,8
	5	0,1	86,7	78,6	99,2	101,6	25,7	1,6	123
7	1	1,6	66,9	53,9	562,2	88,6	59,1	1,4	239,7
	2	2,1	92,4	17,7	153,1	173,4	149,3	1,9	1244,4
	3	0,4	56,8	76,2	43,1	99,9	11,4	0,4	383,7
	4	1,9	53,5	22,5	144,7	116,4	93,4	10,6	198,3
	5	1,6	94,6	106,9	56,2	101,4	74,4	2,2	1199,2
8	1	3,6	156,3	267,7	37,5	164,4	89,3	12,2	189
	2	1,1	45,9	155,9	126,6	256,2	19,4	6,4	567
	3	2,1	66,4	99,7	78,9	102,9	94,5	11,1	478,6
	4	0,9	134,6	104,7	145,3	322,3	112,3	3,8	589,5
	5	0,3	44,8	67,2	39,2	156,4	74,9	1,3	122,1
9	1	2,9	24,4	99,4	148,3	148,9	119,8	2,9	249,2
	2	2,8	84,5	212,8	109,6	99,8	48,2	1,9	229,6
	3	0,4	61,9	100,2	31,5	155,9	59,2	1	99,1
	4	2,4	106,1	178,5	96,4	78,8	11,7	4,9	292,9
	5	3,9	197,2	96,2	55,2	134,5	149,6	3,4	244,1
10	1	3,1	186,7	188,9	11,2	101,6	25,6	11,2	863
	2	1,4	40,8	66,2	76,7	55,7	23,2	1,3	173,1
	3	0,6	42,4	77,5	44,1	83,4	14,3	2,5	445,2
	4	1,6	144,7	153,7	122,2	84,6	157,1	9,7	937,7
	5	2,8	13,9	98,5	91,6	516,4	83,6	9,9	1178,5

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

РАСЧЕТ ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПРОГРАММЕ УПРЗА «ЭКОЛОГ»

Цель работы: рассчитать приземные концентрации загрязняющих веществ, выбрасываемых металлургическим заводом; получить карты рассеивания и отчет по результатам расчетов.

Теоретическая часть

Согласно Закону РБ «Об охране атмосферного воздуха» [3] «выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов допускаются только при наличии разрешения на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и в соответствии с нормативами допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и условиями, установленными в таком разрешении».

В Инструкции о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [5] указано, что «юридические лица, индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную и иную деятельность, связанную с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, или уполномоченные ими юридические лица обязаны проводить инвентаризацию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух». При этом «природопользователи, эксплуатирующие или вводящие в эксплуатацию объекты воздействия на атмосферный воздух, составляют акт инвентаризации для каждого объекта воздействия».

К акту инвентаризации прилагаются:

1. карты-схемы расчетных приземных концентраций для загрязняющих веществ или групп суммации, значение расчетных приземных концентраций которых превышают в санитарно-защитной зоне значение 0,2 долей ПДК или ОБУВ;

2. справка о значении фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и метеорологических характеристиках и коэффициентах, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения природопользователя;

3. карта-схема расположения источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов на производственной площадке природопользователя;

4. ситуационная карта-схема района расположения производственной площадки природопользователя;

5. балансовые схемы материальных и энергетических потоков за предшествующий год;

6. протоколы испытаний выбросов загрязняющих веществ для источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов, для которых инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводилась инструментальным и инструментально расчетными методами;

7. расчеты выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух согласно техническим нормативным правовым актам.

Исключительную роль в оценке загрязнения атмосферного воздуха имеют расчетные методы, основанные на современных представлениях о рассеивании загрязняющих веществ в атмосферном воздухе с учетом рельефа местности, температурной стратификации и застройки. Данные методы позволяют также устанавливать диапазон параметров, при которых экологическая обстановка является наиболее неблагоприятной.

В настоящее время существует ряд методик и самостоятельных программных средств, позволяющих определять поля концентраций загрязняющих веществ по результатам решения уравнений, описывающих с той или иной степенью приближения рассеяние примесей в атмосфере. В качестве нормативной для моделирования процессов в атмосфере используется «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)» [6].

Унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «ЭКОЛОГ» реализует положения методики ОНД-86. Программа позволяет по данным об источниках выброса веществ и условиях местности рассчитывать разовые (осредненные за 20 – 30 минутный интервал) концентрации веществ в приземном слое, в том числе при неблагоприятных метеорологических условиях.

В программе рассчитываются приземные концентрации как отдельных веществ, так и групп веществ с суммирующимся вредным действием. Суммарное количество веществ и групп суммации в одном расчете не ограничено. В расчетах могут быть учтены нагретые и холодные выбросы точечных, линейных и площадных источников. Каждый источник выбросов может иметь несколько вариантов исходных параметров.

Учитывается влияние рельефа на рассеивание веществ (с помощью введения поправок на рельеф для источников в соответствии с ОНД-86), а также фоновая концентрация веществ, дифференцированная по скоростям и направлениям ветра и по расположению постов наблюдений за

фоном. При этом программа позволяет оценить фоновое загрязнение воздуха без учета вклада отдельных источников, что упрощает расчет загрязнения воздуха для реконструируемых предприятий.

Имеется возможность построения нормативных санитарно-защитных зон (СЗЗ) предприятия, а также задания охранных и производственных зон. Встроенный редактор позволяет занести и редактировать карту-схему предприятия и местности, на которую будут нанесены результаты расчета рассеивания.

Расчет по предприятию может иметь несколько вариантов, существует возможность проведения расчета с минимальным заданием исходных данных. Расчеты ведутся на задаваемом пользователем множестве точек на местности, которое может включать в себя узлы прямоугольных сеток в нескольких прямоугольных областях либо отдельно заданные точки и точки, описывающие СЗЗ предприятия, границы зданий и особых зон.

В качестве результатов расчетов выдаются значения приземных концентраций в расчетных точках в мг/м^3 или в долях ПДК. Эти значения сведены в специальные таблицы. Отчет формируется автоматически. Объем и содержание отчета регулируется пользователем. Также выдаются карты изолиний приземных концентраций вредных веществ на местности в любом задаваемом пользователем масштабе. Масштаб вывода карт также может выбираться автоматически с учетом удобства пользования картой.

Программой могут быть автоматически определены точки с максимальной концентрацией загрязняющих веществ, а также источники, дающие наибольшие вклады в загрязнение атмосферы как в целом по предприятию, так и из задаваемого пользователем множества.

УПРЗА «ЭКОЛОГ» позволяет подключать другие программы серии «Эколог» для совместной работы. Существует возможность приема данных, подготовленных в более ранних версиях программы.

Составной частью УПРЗА «ЭКОЛОГ» является *графический редактор «ЭКОГРАФ»*, предназначенный для занесения и редактирования графических данных и просмотра и печати результатов расчета в форме карт рассеивания. Редактор «ЭКОГРАФ» позволяет:

- нарисовать топооснову предприятия, т.е. изображения основных элементов ландшафта местности, в которой расположены источники выбросов предприятия;
- занести в разных режимах застройку, особые зоны;
- откорректировать при необходимости местоположение источников выброса;

– просмотреть, проанализировать и распечатать результаты расчета рассеивания (карты изолиний).

Вся графическая информация (топооснова предприятия, застройка, особые зоны) хранится в УПРЗА «ЭКОЛОГ» в собственном векторном формате Фирмы «Интеграл». Графическая информация сгруппирована по слоям, которые выводятся на экран последовательно один поверх другого. Например, в отдельном слое хранятся данные о застройке, в отдельном – санитарно-защитные зоны и т.д. Группа слоев отведена для результатов расчета (изолиний концентраций). Заносимые пользователем элементы топоосновы предприятия также хранятся в одном или нескольких пользовательских слоях. Каждый слой характеризуется рядом настраиваемых пользователем параметров: цвет и фактура линии, цвет и способ заливки, размер и вид шрифта и т.п.

Кроме того, имеются дополнительные возможности по импорту и экспорту графических данных и результатов расчета из/в популярные графические форматы dxf, mid/mif, shp, а также возможность использования растровой подложки, т.е. рисования карты на фоне отсканированного или подготовленного иным путем изображения.

Практическая часть

Задание 1. Ввод информации о городе и о предприятии

Чтобы внести в базу данных программы информацию о городе, необходимо в меню главного окна программы щелкнуть пункт «Правка», выбрать пункт «Новый» и в появившемся списке щелкнуть на строке «Город». В появившемся диалоговом окне «Создание нового города» необходимо ввести название города, его код, поставить метку в пункте «Сразу перейти к редактированию данных» и нажать кнопку «Создать». В этом случае откроется окно «Данные о городе», в котором необходимо ввести данные, представленные в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Данные для заполнения окна «Данные о городе»

Параметр	Значение
Минимальная температура (зима), град.:	-17,6
Максимальная температура (лето), град.:	18,8
Коэффициент стратификации:	200
Максимальная скорость ветра, м/с	11

Затем необходимо отметить пункт «Создать новое предприятие», нажать на кнопку «Применить», а после нажать на кнопку «Заккрыть».

После этого программа перейдет в режим создания нового предприятия. Появится диалоговое окно «Создание нового предприятия», в котором необходимо указать Название предприятия и его код. В контрольном примере в графу «Наименование» вводится Завод № 1, а в графу код – любое произвольное трехзначное число.

Чтобы приступить к вводу данных о предприятии, необходимо в окне «Создание нового предприятия» отметить пункт «Сразу перейти к редактированию данных» и нажать кнопку «Создать». Появится диалоговое окно «Данные предприятия».

В окне «Данные предприятия» можно откорректировать ранее введенные данные и ввести новые. В рамках контрольного примера в выпадающем списке «Отрасль» следует выбрать пункт «Черная металлургия», а в Графе «Величина нормативной санзоны (м)» ввести размер санзоны 1000 метров.

Для сохранения введенных данных служит кнопка «Применить». Закрывать окно «Данные предприятия» после сохранения не следует, так как с его помощью можно составить список площадок и цехов предприятия.

Задание 2. Создание списка площадок и цехов предприятия

Чтобы создать список цехов предприятия, необходимо нажать кнопку «Площадки и цеха», расположенную в окне «Данные предприятия». После чего на экране появится окно «Площадки и цеха предприятия».

В контрольном примере принимается, что предприятие расположено на одной площадке, которая называется «Основная площадка». Все цеха предприятия расположены на этой площадке. Чтобы добавить новую площадку, необходимо в меню «Данные» окна «Площадки и цеха предприятия» выбрать пункт «Добавить площадку». После чего, в появившемся диалоговом окне следует ввести название площадки и ее номер.

Для добавления цеха на существующую площадку, необходимо ее выделить, щелкнув по ней левой клавишей мыши, и в меню «Данные» выбрать пункт «Добавить цех». В появившемся окне следует ввести название цеха и его номер. Список цехов, которые необходимо ввести в контрольном примере, приведен в таблице 3.2.

Список цехов предприятия Завод № 1 для контрольного примера

Площадка	Цех	Наименование
1	1	Обогащительный
1	2	Агломерационный
1	3	Железнодорожный
1	4	Энергетический
1	5	Ремонта технологического оборудования
1	6	Ремонтно-механический
1	7	Электроремонтный
1	8	Автотранспортный

После создания списка цехов необходимо сохранить внесенные изменения, выбрав в меню «Данные» пункт «Сохранить изменения» и нажать на кнопку «Заккрыть». Окно «Площадки и цеха предприятия» закроется, а на экране отобразится окно «Данные предприятия». Кнопку «Заккрыть», расположенную на этом окне, нажимать не следует.

Задание 3. Ввод данных об источниках выбросов

Чтобы занести данные об источниках выбросов, необходимо в окне «Данные предприятия» отметить пункт «Создать новый вариант исходных данных» и нажать кнопку «Заккрыть». На экране появится диалоговое окно «Создание нового варианта исходных данных».

По условиям контрольного примера в этом окне вводится следующая информация:

– наименование нового варианта исходных данных – Рабочий режим;

– код нового варианта исходных данных – 1.

Чтобы приступить к редактированию исходных данных об источниках выбросов, следует отметить пункт «Сразу перейти к редактированию данных» и нажать на кнопку «Создать». На экране появится окно «Вариант исходных данных для предприятия...».

Основную часть окна занимают две вкладки: «Источники» и «Варианты расчета». Для занесения информации по источникам выбросов используется таблица на вкладке «Источники». Добавить в таблицу новый источник можно, выбрав в меню «Источник» пункт «Новый источник». Информация, которую необходимо ввести в программу на этом этапе работы, приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Данные для варианта исходных данных по источникам выбросов

Номер источника	Наименование источника	Тип источника	Цех	Высота, м	Диаметр устья, м	Объем (расход) ГВС, м ³ /с	Температура ГВС, °С	Локальные координаты, м		Коэффициент рельефа
								X ₁	Y ₁	
1	Труба № 1	1	1	6,5	0,5	0,7	20	1483,30	3313,50	1,9
2	Труба № 2	1	1	35,0	1,2	7,1	25	1648,45	3150,10	1,9
3	Труба № 3	1	2	120,0	2,7	2,0	38	1893,40	2917,40	1,9
4	Труба № 4	1	2	120,0	2,7	2,0	38	2000,00	3000,00	1,9
5	Ворота гаража	6	3	2,0	5,0	0,5	20	2038,35	3764,70	1,9
6	Труба № 5	1	3	5,0	0,6	1,0	42	2223,20	3541,25	1,9
7	Труба № 6	1	4	45,0	0,9	1,0	40	2473,80	3163,95	1,9
8	Труба № 7	1	5	10,0	0,4	0,60	20	2167,60	2634,45	1,9
9	Труба № 8	1	5	3,0	0,4	0,25	20	2252,15	2686,00	1,9
10	Труба № 9	1	6	6,0	0,4	0,50	20	2643,85	2525,40	1,9
11	Труба № 10	1	7	6,0	0,4	0,50	20	2610,95	2972,20	1,9
12	Ворота гаража	6	8	2,0	5,0	1,00	20	2890,10	2739,65	1,9

Задание 4. Занесение в базу данных загрязняющих веществ, выбрасываемых источниками

Кроме координат и объемов выбросов газовой смеси, необходимо указать следующие характеристики источников выбросов, такие как названия веществ, выбрасываемых источником, максимальные разовые и валовые выбросы этих веществ и их коэффициенты оседания.

Эта информация вводится в окне «Выброс источника», которое выводится на экран с помощью меню Источник → Выброс источника окна «Вариант исходных данных предприятия». В этом случае можно будет редактировать данные по выбросам того источника, который был выделен в окне «Вариант исходных данных...».

Информация, которую необходимо ввести в рамках контрольного примера по выбросам каждого источника, представлена в таблице 3.4.

Таблица 3.4

Данные по выбросам источников для расчета контрольного примера

Номер источника	Код вещества	Название вещества	Выброс		Коэффициент оседания
			г/с после очистки	т/год после очистки	
1	2909	Пыль неорганическая до 20 % SiO_2	0,7	22,0752	2
	123	Железа оксид	1,75	55,15	1
2	301	Азота диоксид	0,284	8,9356	1
	330	Сера диоксид	1,988	62,6936	1
	337	Углерода оксид	17,324	546,3296	1
	110	Ванадия пятиокись	0,0568	1,7912	1
3	2909	Пыль неорганическая до 20 % SiO_2	0,2	6,3072	2
	301	Азота диоксид	0,072	2,2704	1
	330	Сера диоксид	1,6	50,4576	1
	337	Углерода оксид	4,8	151,3728	1
	110	Ванадия пятиокись	0,024	0,7568	1
4	2909	Пыль неорганическая до 20 % SiO_2	0,2	6,3072	2
	301	Азота диоксид	0,072	2,2704	1
	330	Сера диоксид	1,6	50,4576	1
	337	Углерода оксид	4,8	151,3728	1
	110	Ванадия пятиокись	0,024	0,7568	1
5	301	Азота диоксид	0,018	0,5676	1
	330	Сера диоксид	0,102	3,2168	1
	328	Сажа	0,032	1,0092	1

	110	Ванадия пятиокись	0,004	0,126	1
	337	Углерода оксид	1,2	37,8432	1
6	2926	Угольная зола	0,024	0,7568	2
	301	Азота диоксид	0,04	1,2616	1
	330	Сера диоксид	0,2	6,3072	1
	337	Углерода оксид	2	63,072	1
7	2926	Угольная зола	0,024	0,7568	2
	301	Азота диоксид	0,04	1,2616	1
	330	Сера диоксид	0,2	6,3072	1
	337	Углерода оксид	2	63,072	1
	328	Сажа	0,06	1,892	2
	110	Ванадия пятиокись	0,008	0,2524	1
8	2936	Пыль древесная	0,06	1,8922	2
9	333	Сероводород	0,0012	0,0316	1
	2754	Углеводороды	0,1	0,0316	1
10	123	Железа оксид	0,0015	0,0473	2
11	2752	Уайт-спирит	0,06	1,8922	1
	616	Ксилол	0,011	0,3311	1
	1042	Спирт бутиловый	0,005	0,1577	1
12	330	Сера диоксид	0,28	8,83	1
	337	Углерода оксид	2,4	75,6864	1
	328	Сажа	0,064	2,0184	1
	301	Азота диоксид	0,036	1,1352	1
	184	Свинец	0,0048	0,0152	1

Задание 5. Проведение расчета приземных концентраций, построение карты изолиний приземных концентраций, подготовка отчета

Для проведения расчета приземных концентраций по введенным данным необходимо создать новый вариант расчета. Это можно сделать, выбрав в меню «Данные» окна «Вариант исходных данных...» пункт «Общий расчет C_m, X_m, U_m ». В этом случае будет произведен расчет величин C_m, X_m, U_m и появится диалоговое окно с предложением создать новый вариант расчета, в которое нужно ввести название варианта расчета (в контрольном примере «Выбросы в нормальном режиме»), номер варианта расчета (в контрольном примере 1), отметить пункт «Сразу перейти к редактированию данных» и нажать на кнопку «Создать». Появится окно «Вариант расчета...».

В рамках контрольного примера необходимо настроить параметры расчетной площадки, в рамках которой будет проводиться расчет. Для этого в окне «Вариант расчета...» нужно нажать кнопку «Точки, площадки, вкладчики».

В появившейся таблице следует ввести следующие данные:

- номер площадки – 1;
- тип – полное описание;
- координаты середины первой стороны – $(X;Y) = (0; 3056,7)$;
- координаты середины второй стороны – $(X;Y) = (4000; 3056,7)$;
- ширина – 4000;
- шаг по ширине – 150;
- шаг по длине – 150.

Кроме этого необходимо отметить пункт «Проводить расчет по этой площадке». Для сохранения всех параметров расчетной площадки нужно в меню «Вариант» выбрать пункт «Сохранить все изменения».

После задания параметров расчетной площадки и сохранения изменений можно дать программе задание на расчет. Это можно сделать, нажав кнопку «Расчет» окна «Вариант расчета...», расположенную рядом с кнопкой «Точки, площадки, вкладчики». Откроется вкладка «Расчет».

Для начала расчета необходимо нажать кнопку «Произвести расчет». После проведения расчета в окне «Вариант расчета...» автоматически открывается вкладка «Результаты» со списком загрязняющих веществ и групп суммации, для которых посчитаны приземные концентрации в узлах расчетной площадки. Чтобы посмотреть таблицу с результатами по конкретному загрязняющему веществу нужно выделить его в списке и выбрать в меню «Данные» пункт «Просмотр результатов». На экран будет выведено окно «Результаты по веществу...».

Результаты можно сохранить в файл, для чего в меню «Данные» окна «Просмотр результатов...» нужно выбрать пункт «Экспорт таблицы в файл».

Если в меню «Данные» окна «Вариант расчета...» выбрать пункт «Графическое представление результатов», то откроется окно графического редактора «ЭКОГРАФ», в котором будут отображены поля приземных концентраций загрязняющих веществ в границах расчетной площадки. Полученные карты можно распечатать на принтере или сохранить в файл формата JPEG.

Если в меню «Печать» окна «Вариант расчета ...» выбрать пункт «Печать таблиц», то откроется окно дизайнера отчетов, в котором необходимо отметить требуемую для отчета информацию, и таким образом сформировать отчет. В отчете будут отображены исходные данные, результаты расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ в расчетных точках в границах расчетной площадки и другая запрашиваемая информация. Полученный отчет можно распечатать на принтере или сохранить в файл формата Microsoft Word или Microsoft Excel.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В ПРОГРАММЕ ПДВ-ЭКОЛОГ

Цель работы: сформировать таблицы проекта нормативов предельно-допустимых выбросов, пояснительную записку и приложения к разрешению на выброс для котельной.

Теоретическая часть

Согласно Закону РБ «Об охране атмосферного воздуха» [3] «юридические лица, индивидуальные предприниматели, осуществляющие хозяйственную и иную деятельность, связанную с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, обязаны разрабатывать проекты нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух».

«ПДВ-ЭКОЛОГ» - программное средство, предназначенное для разработки и формирования таблиц проекта нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ) предприятия. К основным функциональным возможностям программы относятся:

1. Формирование таблиц проекта нормативов ПДВ предприятия. Таблицы строятся программой в формате Microsoft Excel, что обеспечивает возможность их удобного форматирования и редактирования. Перед печатью каждая таблица открывается во встроенном редакторе.

2. При совместном использовании с УПРЗА «ЭКОЛОГ» программа позволяет произвести расчет величин приземных концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием, с целью оценки эффективности запланированных мероприятий и формирования таблиц ПДВ, в которых используются рассчитанные величины приземных концентраций загрязняющих веществ.

3. Расчет величин выбросов от источников (при подключении программ серии «Эколог», реализующих методики по расчету выбросов вредных веществ от различных производств).

4. Определение категории предприятия по воздействию его выбросов на атмосферный воздух.

5. Установление источников и перечня вредных веществ, подлежащих нормированию.


6. Формирование пояснительной записки.

7. Формирование приложений к разрешению на выброс.

Практическая часть

Задание 1. Ввод в базу данных нового города


После запуска «ПДВ-ЭКОЛОГ» на экран будет выведено главное окно программы, разделенное на две части.

Для того, чтобы занести в базу данных программы сведения о новом городе, необходимо нажать черную стрелку кнопки «Добавить новый объект» (). В появившемся списке нужно выбрать пункт «Город...». После этого на экране появится диалоговое окно «Создание нового города», в графе «Наименование» которого нужно ввести название города – Новополоцк. В графу код нужно ввести любое число, отличное от нуля, и не совпадающее с кодом любого другого города из списка программы. Если пункт «Перейти к редактированию данных» не отмечен, то нужно его отметить и нажать на кнопку «Создать».


Откроется окно «Данные города, в котором необходимо ввести следующие значения:

- минимальная температура (зима) – -17,6;
- максимальная температура (лето) – 18,8;
- коэффициент стратификации – 200;
- максимальная скорость ветра – 11.

Остальные параметры следует оставить без изменений.

Сохранить введенные данные можно нажатием на кнопку «Подтвердить все сделанные изменения» (). Откроется главное окно, в котором будут отображены новые параметры города.

Задание 2. Ввод в базу данных нового района города


Новый район в рамках существующего города можно добавить, нажав черную стрелку кнопки «Добавить новый объект» (). В появившемся списке нужно выбрать пункт «Район...».

Появится диалоговое окно «Создание нового района», в котором необходимо ввести код района (1), его название (Центральный), отметить пункт «Перейти к редактированию данных» и нажать на кнопку «Создать».

В появившемся после нажатия на кнопку «Создать» окне «Данные района» при необходимости можно внести изменения в код района или его наименование. Для подтверждения изменений следует нажать кнопку «ОК».

Задание 3. Ввод в базу данных нового предприятия

Чтобы занести в программу данные о предприятии, необходимо создать новое предприятие, а затем прописать его свойства.

Чтобы создать новое предприятие в рамках определенного района, необходимо выделить этот район в левой части главного окна программы, а затем, нажав черную стрелку кнопки «Добавить новый объект» () , в появившемся списке выбрать пункт «Предприятие...».

В появившемся диалоговом окне «Создание нового предприятия» нужно ввести код предприятия (в примере – 1), название предприятия (в примере – Котельная № 1), отметить пункт «Перейти к редактированию данных» и нажать на кнопку «Создать». На экране появится окно «Данные предприятия».

Окно «Данные предприятия» представлено тремя вкладками: «Основные данные», «Дополнительные данные», «Местные условия». Данные вкладки «Основные данные» следует оставить без изменений. Информация, которую необходимо ввести во вкладках «Дополнительные данные» и «Местные условия» приводятся в таблицах 4.1 и 4.2 соответственно.

Таблица 4.1

Дополнительные данные о предприятии


Параметр	Значение
ИНН	4216003989
ОКПО	27651990
Полное наименование	ОАО «Котельная № 1»
Почтовый адрес	Республика Беларусь, Витебская обл., г. Новополоцк, ул. Ленина, 28
Ответственное лицо	Иванов Иван Иванович

Таблица 4.2

Местные условия





Параметр	Значение
Коэффициент рельефа местности	1,5
Среднегодовая роза ветров, % (северный)	3,9
Среднегодовая роза ветров, % (северо-восточный)	4,4
Среднегодовая роза ветров, % (восточный)	21,5
Среднегодовая роза ветров, % (юго-восточный)	19,5
Среднегодовая роза ветров, % (южный)	5,2
Среднегодовая роза ветров, % (юго-западный)	14,0
Среднегодовая роза ветров, % (западный)	17,2
Среднегодовая роза ветров, % (северо-западный)	14,3




Задание 4. Ввод в базу данных нового варианта исходных данных для расчета


После занесения в программу основных данных предприятия следует создать новый вариант расчета для данного предприятия. Для этого необходимо выделить в левой части главного окна программы предприятие (в примере «Котельная № 1»). После этого необходимо нажать черную стрелку кнопки «Добавить новый объект» () , в появившемся списке выбрать пункт «Вариант данных...».




В появившемся диалоговом окне «Создание нового варианта данных» следует ввести код варианта (в примере – 1), название варианта (в примере – «Штатный режим работы»), отметить пункт «Перейти к редактированию данных» и нажать на кнопку «Создать». На экране появится окно «Предприятие», в котором можно задать источники выбросов, их параметры, выбрасываемые вещества и т.д.

На первом этапе работы с окном «Предприятие» необходимо занести в программу сведения о структуре предприятия (площадки, цеха) и об источниках выделения и выбросов.

Для создания новой площадки предприятия нужно нажать кнопку «Список площадок» () , расположенную на панели инструментов окна «Предприятие». В появившемся окне «Площадки» следует нажать кнопку «Добавить площадку» () , после чего в нижерасположенной таблице можно будет ввести номер площадки (в примере – 1) и ее наименование (в примере – Основная площадка). Для сохранения внесенных изменений следует нажать кнопку «Подтвердить все сделанные изменения» () , расположенную на панели инструментов окна «Площадки». После этого можно закрыть окно «Площадки» нажатием на кнопку «Выйти из формы» () . Это приведет к закрытию окна «Площадки». Окно «Предприятие» снова станет активным.

Для создания нового цеха на территории площадки нужно нажать кнопку «Список цехов» () , расположенную на панели инструментов окна «Предприятие». В появившемся окне «Цеха» следует нажать кнопку «Добавить цех» () , после чего в нижерасположенной таблице можно будет ввести номер площадки, на которой располагается цех (в примере – 1), номер цеха (в примере – 1) и наименование цеха (в примере – Основная цех). Для сохранения внесенных изменений следует нажать кнопку «Подтвердить все сделанные изменения» () , расположенную на панели инструментов окна «Цеха». После этого можно закрыть окно

«Цеха» нажатием на кнопку «Выйти из формы» (). Окно «Предприятие» снова станет активным.

Для создания нового источника выделения на территории цеха нужно нажать кнопку «Список источников выделения» () , расположенную на панели инструментов окна «Предприятие». В появившемся окне «Источники выделения» следует нажать кнопку «Добавить источник выделения» () , расположенную на панели инструментов, а затем нажать кнопку «Развернуть данные источника» () .

На экран будет выведено окно «Данные источника выделения», которое представлено тремя вкладками:

- технические данные;
- выделения;
- связь с источниками выбросов.

В рамках контрольного проекта необходимо ввести данные на вкладках «Технические данные» (табл. 4.3) и «Выделения» (табл. 4.4).

Таблица 4.3

Технические данные источника выделения

Параметр	Значение
Площадка	1
Цех	1
Участок	0
Номер	1
Вариант	1
Количество	1
Наименование	Топка парового котла
Часы работы в год	220
Часы работы в день	2

Таблица 4.4

Выделения источника

Выделяемое вещество		Максимальное выделение, г/с	Валовое выделение, т/год	Коэффициент участия
Код	Наименование			
301	Азота диоксид	0,1053	0,0834	1
328	Углерод (сажа)	0,0058	0,0046	1
330	Сера диоксид	0,3239	0,2566	1
337	Углерод оксид	0,0990	0,0784	1
703	Бенз(а)пирен	0,0000000231	0,0000000177	1
2904	Мазутная зола в пересчете на ванадий	0,000607	0,00048	1

После ввода параметров источника выделения следует нажать на кнопку «Подтвердить все сделанные изменения» (👉), затем «Выйти из формы» (🏠). Окно «Источники выделения» станет активным. Вернуться в окно «Предприятие» можно нажатием на кнопку «Выйти из формы» (🏠).

Для создания нового источника выбросов на территории цеха нужно нажать кнопку «Список источников выбросов» (📄), расположенную на панели инструментов окна «Предприятие». В появившемся окне «Источники выброса» следует нажать кнопку «Добавить источник выброса» (+), расположенную на панели инструментов, а затем нажать кнопку «Развернуть данные источника» (📄).

На экран будет выведено окно «Данные источника выброса», которое представлено тремя вкладками:

- технические данные;
- выброс;
- связь с источниками выделения.

В рамках контрольного проекта необходимо ввести данные на вкладках «Технические данные» (табл. 4.5), «Выброс» (табл. 4.6) и «Связь с источниками выделения».

Таблица 4.5


Технические данные источника выбросов



Параметр	Значение
Площадка	1
Цех	1
Участок	0
Номер	1
Вариант	1
Количество	1
Наименование	Труба котельной
Тип	Точечный
Высота, м	6,3
Диаметр, м	0,3
Температура (гр. С)	80
Скорость выхода, м/с	0,3
Координаты в локальной системе	
X1	1000
Y1	1000
Удельные показатели	Расчет
Радиус СЗЗ, м	500
Коэффициент рельефа	1,5


Таблица 4.6

Выброс источника


Выброс источника		Коэф- эффи- фици- осе- дания	Выброс до очистки		Обеспечен- ность газо- очисткой	Выброс после очистки	
Код	Наимено- вание		г/с	т/год		%	г/с
301	Азота диоксид	1	0,105	0,083	0	0,1053	0,0834
328	Углерод (сажа)	1	0,005	0,004	0	0,0058	0,0046
330	Сера диок- сид	1	0,323	0,256	0	0,3239	0,2566
337	Углерод оксид	1	0,099	0,078	0	0,0990	0,0784
703	Бенз(а)- пирен	1	$2,31 \times 10^{-8}$	$1,77 \times 10^{-8}$	0	$2,31 \times 10^{-8}$	$1,77 \times 10^{-8}$
2904	Мазутная зола в пе- ресчете на ванадий	1	$6,07 \times 10^{-4}$	$4,8 \times 10^{-4}$	100	$2,13 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$

В пункте «Удельные показатели» вкладки «Технические данные» указан вариант «Расчет». Чтобы программа рассчитала удельные показатели, необходимо нажать на панели инструментов окна «Источники выброса» черную стрелку, расположенную справа от кнопки «Вызов автоматических процедур пересчета» (). В выпадающем меню следует выбрать пункт «Пересчет удельных показателей – X_m, A_m, U_m ». На экране появится диалоговое окно с запросом сезона, для которого необходимо рассчитать удельные показатели. В рамках контрольного примера выбирается лето.


На вкладке «Связь с источниками выделения» необходимо нажать кнопку «Добавить новую связь с источниками выделения» (). Активируется окно «Источники выделения», в котором нужно будет в таблице выбрать нужный источник выделения и нажать на кнопку «Выбрать источник» (). Название связанного источника в контрольном примере – «Топка парового котла». Выбранный источник отобразится на вкладке «Связь с источниками выделений» окна «Данные источника выброса».

Для сохранения внесенных изменений следует нажать кнопку «Подтвердить все сделанные изменения» () , расположенную на панели инструментов окна «Данные источника выброса».

Задание 5. Расчет приземных концентраций с помощью УПРЗА «ЭКОЛОГ»

Для расчета приземных концентраций загрязняющих веществ используется программа УПРЗА «Эколог». Для вызова этого программного средства из программы «ПДВ-Эколог» следует на панели инструментов окна «Предприятие» нажать кнопку «Работа с УПРЗА Эколог 3» ().

Появится окно «УПРЗА Эколог 3», в котором следует прописать все параметры передачи данных. Затем следует нажать на кнопку «Передать данные в УПРЗА Эколог».

На экран будет выведено окно «Варианты исходных данных», в котором необходимо выбрать нужный вариант и нажать на кнопку «Выбрать вариант для приема данных в УПРЗА Эколог из ПДВ». Кнопка сменится на кнопку «Подключить УПРЗА Эколог, используя вариант данных» (). Появится окно «Варианты исходных данных для предприятия...» УПРЗА «Эколог».

Все данные предприятия целиком экспортированы в УПРЗА «Эколог», поэтому необходимо только перейти на вкладку «Варианты расчета» и в меню «Данные» выбрать пункт «Новый вариант расчета».

В появившемся диалоговом окне «Создание нового варианта расчета» нужно ввести код варианта (1) и наименование варианта (Вариант расчета на лето). Затем нужно нажать на кнопку «Создать». После чего нужно произвести расчет приземных концентраций в УПРЗА «Эколог», как это описано в Практической работе № 3.

После проведения расчета можно выйти из УПРЗА «Эколог» и закрыть окно «Варианты исходных данных». Активируется окно «Предприятие».

Задание 6. Отображение результатов работы программы

Результаты работы программы доступны в меню «Таблицы» окна «Предприятие». Полученные результаты сохранены в соответствующих файлах. Формирование пояснительной записки и приложений к разрешению на выброс вызываются из меню «Результаты» окна «Предприятие».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

РАСЧЕТ УРОВНЯ ШУМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ «ЭКОЛОГ-ШУМ»

Цель работы: Рассчитать уровень шума от насосной станции на границе жилой зоны на высоте 1,5 м, в качестве препятствия шума выбрать кирпичную кладку без расшивки швов, число расчетных точек 10, границы чертежа – 200 × 200.

Теоретическая часть

Шумовое загрязнение является одним из ведущих видов физического загрязнения города. Основные его источники – транспорт и производственные предприятия. Шум негативно влияет на здоровье человека, снижает качество жизни, поэтому нормирование шумового воздействия особенно актуально по отношению к жилым и общественным зданиям.

Для целей нормирования шумового загрязнения используются следующие термины и их определения [12]:

шум (звук) – упругие колебания в частотном диапазоне, воспринимаемом органом слуха человека, распространяющиеся в виде волн в газообразных средах или образующие в ограниченных областях этих сред стоячие волны;

допустимый уровень шума – такой уровень шума, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму;

звуковое давление – переменная составляющая давления воздуха или газа, возникающая в результате звуковых колебаний;

уровень звукового давления – выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления в определенной полосе частот к стандартизованному исходному значению звукового давления, равному 2×10 Па;

уровень звука – выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления, скорректированного по стандартизованной частотной характеристике "А", к стандартизованному исходному значению звукового давления, равному 2×10 Па;

максимальный уровень звука – уровень звука, соответствующий максимальному показанию измерительного прибора при визуальном от-

счете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1% времени измерения при регистрации автоматическим устройством;

эквивалентный уровень звука – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднее квадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение заданного интервала времени.

По характеру спектра шум следует подразделять на *широкополосный* (шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы) и *тональный* (шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие).

По временным характеристикам различают *постоянный и непостоянный шум*. Уровень звука постоянного шума за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на стандартизованной временной характеристике измерительного прибора "Медленно", а непостоянного - соответственно более чем на 5 дБА.

В Республике Беларусь классификацию шумов, нормируемые параметры и допустимые уровни шума в помещениях проектируемых, строящихся, реконструируемых и эксплуатируемых жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки устанавливают Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [12].

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, а также уровни звука в дБА. Нормируемыми параметрами непостоянного шума являются эквивалентный уровень звука в дБА; максимальный уровень звука в дБА. Оценка шума на соответствие допустимому уровню должна проводиться по всем указанным показателям. Превышение хотя бы одного из них должно квалифицироваться как несоответствие Санитарным правилам.

Для расчета и нормирования акустического воздействия от промышленных источников и транспорта предназначен программный комплекс «ЭКОЛОГ-ШУМ».

Основное назначение программы – расчет распространения шума от внешних источников. Программа может быть использована при проведении проектных работ по размещению новых объектов с учетом существующей градостроительной ситуации и оценке влияния шума существующих объектов на окружающую среду. Расчет шумового воздей-

ствия от совокупности источников в любой точке выполняется с учетом дифракции и отражения звука препятствиями в соответствии с существующими методиками, справочниками и нормативными документами. Результатом расчетов являются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5 – 8000 Гц, а также уровни звука L_a .

Программа предназначена для выполнения следующих задач:

- оценка шумового воздействия на территориях, прилегающих к промышленным предприятиям и транспортным магистралям;
- разработка и оценка эффективности шумозащитных мероприятий;
- определение СЗЗ по фактору шума проектируемых и существующих предприятий;
- экологический аудит промышленных, коммунальных и транспортных предприятий по фактору шума.

Графический интерфейс программы позволяет заносить, просматривать и редактировать все данные, описывающие объекты, относящиеся к расчету шума (источники шума, препятствия, расчетные точки и площадки и т.д.), одновременно в табличной форме и на карте. Предусмотрены также инструменты редактирования карт, в том числе и с использованием графической подложки, а также дополнительные возможности графического блока по работе с форматами ГИС: dxf, mid/mif, shp.

Расчет проводится от точечных, линейных и объемных источников шума. Для удобства заполнения характеристик источников предусмотрен справочник шумовых характеристик источников шума, который может пополняться пользователем. Для некоторых видов источников шума предусмотрены специализированные методики, определяющие шумовые характеристики: «Расчет шума от транспортных потоков», «Расчет шума от транспортных магистралей».

В расчете учитываются препятствия шума. Для удобства заполнения характеристик препятствий предусмотрен справочник звукопоглощающих и звукоотражающих свойств материалов, который может пополняться пользователем.

Расчет производится по расчетным точкам, по полю (расчетной площадке) с заданным шагом, а также по точкам на границе особых зон (охранной, промышленной, санитарно-защитной и жилой). Расчет может производиться на любой высоте.

По результатам расчетов формируется отчет и цветные шумовые карты, которые могут редактироваться пользователем, быть сохранены в файл либо выведены на печать.

Практическая часть

Пользовательский интерфейс программного продукта «ЭКОЛОГ-ШУМ» представлен в виде трехзонного окна: в левой части расположена комбинированная панель - Слои, Свойства, в правой нижней – панель с табличными данными, а в правой верхней – карта, причем ее можно выделять в отдельное окно и произвольно размещать на рабочем окне.

Работу над заданием начинаем с *создания нового проекта* (кнопка «Создать новый проект» на панели инструментов), в появившемся окне «Настройки проекта» указываем «Наименование проекта» - расчет уровня шума от насосной станции на границе жилой застройки. Затем необходимо завести границы чертежа по исходным данным.


После этого необходимо перейти к *построению карты проекта*. Карта проекта чертится послойно с помощью «Панели дерева слоев» в левой части рабочего окна. На данную панель можно перейти по закладке «Слои» на панели «Дерево слоев и фигур». Данная панель предоставляет информацию об иерархии слоев в проекте, краткую информацию о настройке слоев и их видимости и редактируемости. Также предоставляет возможность быстрой смены текущего слоя, с которым будет происходить дальнейшая работа. При этом надо помнить, что панель инструментов зависит от того, какой слой сейчас активен.

Каждый слой в дереве обозначается группой иконок и именем слоя. В начале идет иконка, обозначающая иерархию дерева. Это может быть либо +, либо -. Соответственно +, – обозначают развернутую или свернутую группу слоев. Далее идет иконка типа слоя. Далее расположены иконка видимости слоя на топооснове и «замок» слоя. Для включения и отключения видимости слоя или его блокировки надо щелкнуть левой кнопкой мышки на иконке видимости или замке соответственно, либо изменить этот параметр в свойстве слоев.


Для построения первого слоя «*Источники шума*» необходимо на панели «Слои» двойным щелчком выбрать «Источники шума». Источниками шума являются любые наземные стационарные и мобильные городские объекты. Источник шума наносится на топооснову. Топооснова представляет собой карту, отдельные слои которой отображаются последовательно друг за другом, как бы накладываясь один на другой. Последовательность отображения слоев можно увидеть в дереве слоев. Слои прорисовываются, начиная с самого нижнего в дереве по направлению вверх. Область редактирования топоосновы находится в правой части окна программы.

Для добавления на топооснову источника шума необходимо воспользоваться специальными графическими элементами панели инструментов, которые появляются при переходе на Панель дерева слоев > служебный слой > источники шума.

При создании объемного источника шума необходимо:

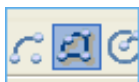
- выбрать на панели инструментов элемент «объемный источник шума» ;
- переместить указатель в нужную точку топоосновы и щелкнуть левой кнопкой мыши.

В таблице, которая автоматически появляется при выборе источников шума на панели «Слои» и находится под картой, указать наименование источника шума («Насос»), дистанцию замера (1,5 м). Для выбора типа насоса необходимо в столбце «Методика» выбрать «Каталог шумовых характеристик технологического оборудования». Выбрать «Насосы и насосные агрегаты»→ «Насосы центробежные одноступенчатые, консольные, код 363111»→ 2К-6→ «Выбрать». Таким образом, будет автоматически заполнена таблица с характеристиками источника шума.

Для формирования второго слоя необходимо на панели выбрать слой «Препятствия шума». Препятствие распространению шума может быть описано в виде параллелограмма ориентированного параллельно в горизонтальной плоскости, т.е. в двухмерной системе координат это прямоугольник, у которого дополнительно заданы высота подъема нижней кромки и вертикальный размер. Для добавления на топооснову препятствия шума необходимо воспользоваться специальным графическим элементом панели управления , который появляется при переходе на панель дерева слоев > служебный слой > препятствие шума. На карте проекта чертим препятствие и в таблице выбираем методику, материал - кирпичная кладка без расшивки швов.

Затем необходимо сформировать третий слой - «Особые зоны». В рассматриваемом программном продукте можно формировать несколько особых зон одновременно («Жилая зона», «Охранная зона», «Санитарно-защитная зона» или «Промышленная зона»). Для добавления на топооснову жилой зоны необходимо перейти на панель дерева слоев > служебный слой > особые зоны > жилая зона и воспользоваться графическим элементом панели управления – полигон. Полигон представляет собой серию точек, соединенных между собой линиями без самопересечений. Первая и последняя точка полигона также соединены линиями. Полигон имеет заливку. Также полигон может иметь «дырки», т.е. области внутри полигона, ему не принадлежащие. Для создания полигона необходимо:

- выбрать в дополнительной панели инструментов элемент полигон



• затем нужно щелкнуть мышкой на топооснове, чтобы поставить первую точку полигона. Далее переместить курсор мыши и поставить следующую точку. Повторить необходимое число раз.


• для завершения создания полигона необходимо нажать Enter, или нажать правой кнопкой мыши, и в выпадающем списке выбрать «закончить». После этого полигон будет создан на топооснове.

• если возникнут самопересечения, либо полигон будет не замкнут, контур полигона отобразится красной пунктирной линией вне зависимости от настроек слоя. Одним из вариантов исправления некорректных фигур является использование команды «Исправление некорректных фигур»




на панели инструментов в верхней части окна, при этом следует выделить полигон над которым некорректно производятся действия.

После указания служебных слоев необходимо провести расчет, для чего необходимо расставить точки, в которых будет проведен расчет. Выбираем «Расчетные точки» в дереве слоев.

Точки можно расставить двумя способами, либо нажав кнопку  и расставить их в нужных местах карты или, выбрав команду «Инструменты → Создание расчетных точек по границам особых зон», точки сформируются автоматически.


Для построения изолиний распространения шума, необходимо:

- выбрать слой «Расчетные площадки» (панель дерева слоев > расчет > расчетные площадки);

- нанести на топооснову расчетную площадку и произвести расчет шума, для этого необходимо нажать кнопку «Расчет»  на панели инструментов.

- выбрать частотный диапазон шума в нижнем правом углу карты.

Таким образом, получится графическое изображение распространения шума на территории, прилегающей к источнику шума. Возле каждой точки появится цифровое значение, которое соответствует уровню шума в данной точке.

Для того чтобы получить результаты расчета в виде отчета, необходимо нажать кнопку «печать результатов расчета шума» , галочкой пометить данные, которые нужны в отчете.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

ПОЛИГОНЫ ТКО И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

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

Теоретическая часть

Твёрдые коммунальные отходы (ТКО) – непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта, выбрасываемые человеком. Морфологический, фракционный, химический состав ТКО зависит от благоустройства жилого фонда, сезона года, климатического пояса и множества других факторов.

Основные методы обезвреживания и переработки ТКО можно разделить на три группы: утилизационные, ликвидационные и смешанные. По технологическому принципу различают биологические, термические, химические, механические и смешанные методы. Наибольшее распространение в наших условиях получили складирование на полигонах (ликвидационный механический), сжигание (ликвидационный термический), компостирование (утилизационный биологический).

Наиболее распространенными сооружениями по обезвреживанию и захоронению ТКО являются *полигоны*. 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 ТКО. Теоретическая вместимость полигона на расчетный срок эксплуатации (15...30 лет) определяется по формуле

$$V_{\text{П}} = (Y_1 + Y_2) (H_1 + H_2) T K_2 / 4K_1, \quad (6.1)$$

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 ТКО, равный отношению плотности ТКО после уплотнения к плотности ТКО, 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).

Удельная годовая норма накопления ТКО 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 ТКО в процессе эксплуатации полигона за весь срок T определяется по таблице 6.1 с учётом массы бульдозера или катка.

Таблица 6.1

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 6.2.

Таблица 6.2

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 ТКО определяется по формуле

$$S_{y.c.} = 3V_{II} / H, \quad (6.2)$$

где H – проектируемая высота полигона, м.

Требуемая площадь полигона составит

$$S = 1,1 S_{y.c.} + S_{доп}, \quad (6.3)$$

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

Продуктом анаэробного разложения органической составляющей отходов является *биогаз*, представляющий собой в основном смесь метана и углекислого газа. На количественную характеристику выхода биогаза с полигонов отходов влияют климатические условия; рабочая (активная) площадь полигона; сроки эксплуатации полигона; количество захороненных отходов; мощность слоя складированных отходов; соотношение количеств завезённых коммунальных и промышленных отходов; морфологический состав завезённых отходов; влажность отходов; содержание органической составляющей в отходах; содержание жироподобных, углеводоподобных и белковых веществ в органике отходов; технология захоронения отходов.

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

$$Q = 10^{-4} R(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (6.4)$$

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 углеводоподобных 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

$$Q_w = 10^{-6} R(100 - W)(0,92Ж + 0,62У + 0,34Б), \quad (6.5)$$

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

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

$$P_{\text{год}} = \frac{Q_W}{t_{\text{сбр}}}, \quad (6.6)$$

где $t_{\text{сбр}}$ – период полного сбраживания органической части отходов, лет, определяемый по приближенной эмпирической формуле

$$t_{\text{сбр}} = \frac{10248}{T_{\text{тепл}} \cdot t_{\text{ср.тепл}}^{0,301966}}, \quad (6.7)$$

где $t_{\text{ср.тепл}}$ – средняя из среднемесячных температура воздуха в районе полигона твердых коммунальных и промышленных отходов (ТКО и ПО) за тёплый период года ($t > 0$), °С; $T_{\text{тепл}}$ – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТКО и ПО, дни; 10248 и 0,301966 – удельные коэффициенты, учитывающие термическое разложение органики.

Для определения плотности биогаза, кг/м³, применяется формула

$$\rho_{\text{б.г.}} = 10^{-6} \sum_{i=1}^n C_i, \quad (6.8)$$

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

Используя полученные анализами концентрации компонентов в биогазе и рассчитанную его плотность, определяется весовое процентное содержание этих компонентов в биогазе

$$C_{\text{вес.}i} = 10^{-4} \frac{C_i}{\rho_{\text{б.г.}}}, \quad (6.9)$$

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

$$P_{\text{год.}i} = \frac{C_{\text{вес.}i} \cdot P_{\text{год}}}{100}, \quad (6.10)$$

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

$$M_i = 0,01 \cdot C_{\text{вес.}i} \cdot M_{\text{сум}}, \quad (6.11)$$

$$M_{\text{сум}} = \frac{P_{\text{уд}} \sum D}{86,4 \cdot T_{\text{тепл}}}, \quad (6.12)$$

где $\sum D$ – количество активных, стабильно генерирующих биогаз отходов, т; $T_{\text{тепл}}$ – продолжительность тёплого периода года в районе полигона ТКО, дней.

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

Приведённая формула для вычисления максимального разового выброса i -го компонента справедлива только в тёплый период года ($t_{\text{ср.мес.}} > 8$ °С). При обследовании в более холодное время ($0 < t_{\text{ср.мес.}} \leq 8$ °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

$$G_i = 0.01 \cdot C_{\text{вес.}i} \cdot G_{\text{сум}}, \quad (6.13)$$

$$G_{\text{сум}} = M_{\text{сум}} \left(\frac{a \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12} + \frac{b \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600}{12 \cdot 1.3} \right) \cdot 10^{-6}, \quad (6.14)$$

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

Практическая часть

Задание 1. Выполнить расчет площади полигона по представленным данным (табл. 6.3, 6.4).

Таблица 6.3

Среднемесячные температуры воздуха в районе полигона

Месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Температура, $^{\circ}\text{C}$	-10	-9	-4	+4	+12	+16	+18	+16	+10	+4	-2	-8

Задание 2. Рассчитать удельный выход биогаза за период его активной стабилизированной генерации при метановом брожении и количественный выход биогаза за год.

Задание 3. Определить плотность выделяющегося биогаза, если концентрации его компонентов, полученные анализами, следующие (мг/м^3): $\text{CH}_4 - 1,25$; $\text{CO}_2 - 0,78$; $\text{N}_2 - 0,02$; $\text{H}_2\text{S} - 0,01$.

Задание 4. 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					

Задание 5. Сделать выводы по полученным результатам.

Таблица 6.4

Исходные данные для расчетов

Показатели	Варианты																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Расчётный срок эксплуатации, лет	15	20	30	25	30	30	25	20	15	30	30	30	25	30	25	16	21	32	27	32
Численность населения, тыс.чел.:																				
– в первый год	58	75	105	84	59	110	35	26	45	52	34	47	86	95	78	56	76	110	86	59
– в последний год	61	79	112	88	65	116	39	30	48	61	41	52	92	103	82	63	80	102	88	65
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	0,27	0,24	0,27	0,25	0,28
Масса катка-уплотнителя, т	5	12	12	12	20	22	6	14	14	20	4	12	13	6	12	6	14	12	13	21
Проектируемая высота, м	25	15	25	30	50	55	30	18	20	55	23	30	16	26	21	23	13	24	28	46
Содержание органической составляющей, %	40	62	60	59	65	57	49	69	72	75	63	68	57	52	64	38	58	60	57	62
Содержание в органической составляющей веществ, %																				
жироподобных	12	16	25	18	26	34	17	22	12	14	21	20	16	18	19	13	15	24	17	24
углеводородных	35	42	38	24	31	22	27	21	29	19	18	22	26	20	24	33	40	36	23	31
белковых	53	42	37	58	43	44	56	57	59	67	61	58	58	62	57	54	41	35	55	43
Влажность отходов, %	10	12	16	12	11	18	16	14	12	8	5	11	14	12	12	11	13	15	12	10

Библиографические ссылки

1. *Алекин О. А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1953. – 295 с.
2. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004 «Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве» : утв. Постановлением Гл. гос. санитарного врача Респ. Беларусь №28 от 25.02.2004 г.
3. Закон Республики Беларусь от 16.12.2008 №2-3 «Об охране атмосферного воздуха».
4. *Иванова М. В.* Решение задач по безопасности жизнедеятельности с использованием прикладных программных продуктов. – М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2010. – 58 с.
5. Инструкция о порядке инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: утв. М-вом прир. ресурсов и охраны окр. среды Респ. Беларусь 23.06.2009 г. № 42.
6. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
7. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и Министерства здравоохранения Республики Беларусь «О некоторых вопросах нормирования качества воды рыбохозяйственных водных объектов» №43/42 от 08.05.2007 г.
8. Постановление Совета Министров РБ «Об утверждении положения о порядке исчисления размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде» №1042 от 17.07.2008 г.
9. Руководство пользователя программы «ПДВ-Эколог», версия 4.3. – Санкт-Петербург: фирма «Интеграл», 2011. – 60 с.
10. Руководство пользователя программы «Эколог-шум», версия 2. – Санкт-Петербург: фирма «Интеграл», 2014. – 177 с.
11. Руководство пользователя УПРЗА «Эколог», версия 3.0. – Санкт-Петербург: фирма «Интеграл», 2003. – 61 с.
12. Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: утв. М-вом здравоохр. Респ. Беларусь 16.11.2011 г. № 115.
13. *Соколов А. С.* Урбоэкология: практическое пособие. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2011. – 47 с.
14. ТКП 17.13-08-2013 (02120). «Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Правила определения химического (гидрохимического) статуса речных экосистем».

СОДЕРЖАНИЕ

1. Оценка загрязнения вод поверхностных водных объектов города	3
2. Оценка химического загрязнения почв города.....	12
3. Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ в программе УПРЗА «ЭКОЛОГ»	16
4. Разработка проекта предельно допустимых выбросов для предприятия в программе «ПДВ-ЭКОЛОГ»	26
5. Расчет уровня шума с использованием программы «ЭКОЛОГ-ШУМ» ...	34
6. Полигоны ТКО и их влияние на окружающую среду.....	40
Библиографические ссылки	47

Учебное издание

**Грищенкова Наталья Дмитриевна
Романкевич Юлия Александровна**

ГЕОЭКОЛОГИЯ ГОРОДА

**Практикум для студентов
географического факультета
специальности 1-33 01 02
«Геоэкология»**

В авторской редакции

Ответственный за выпуск
Н. Д. Грищенкова

Подписано в печать 04.07.2018.
Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,59.
Тираж 50 экз. Заказ

Белорусский государственный университет.
Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/270 от 03.04.2014.
Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика
на копировально-множительной технике
географического факультета
Белорусского государственного университета.
Ул. Ленинградская, 16, 220030, Минск.