

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра экологии и охраны природы

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, КОНТРОЛЬ И ЭКСПЕРТИЗА

*Методические указания
по выполнению практических работ
для студентов специальности 1-33 01 01
«Биоэкология»*

*Витебск
УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
2012*

УДК 504:65.012.1(075.8)
ББК 20.18в6я73+28.081в6я73
Э40

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 7 от 22.12.2011 г.

Авторы-составители: доцент кафедры экологии и охраны природы УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат технических наук **В.Е. Савенок**; доцент кафедры экологии и охраны природы УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук **И.А. Литвенкова**

Рецензенты:

доцент кафедры анатомии и физиологии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук *М.В. Шилина*;
главный специалист отдела госконтроля за охраной и использованием атмосферного воздуха и водных ресурсов Витебского областного комитета природных ресурсов и охраны окружающей среды *Н.М. Гурко*

Экологический мониторинг, контроль и экспертиза : методические указания по выполнению практических работ для студентов специальности 1-33 01 01 «Биоэкология» / авт.-сост. : В.Е. Савенок, И.А. Литвенкова. – Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 60 с.

Указания разработаны для студентов специальности 1-33 01 01 «Биоэкология». Издание предусматривает получение практических навыков по методам экологической экспертизы объектов хозяйствования и подготовке документации в этой области. Знакомит обучаемых с естественнонаучными методами контроля и прогноза, а также с результатами комплексного мониторинга природной среды.

УДК 504:65.012.1(075.8)
ББК 20.18в6я73+28.081в6я73

© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Практическая работа № 1. Определение категории воздействия объекта на атмосферный воздух	5
Практическая работа № 2. Разработка проекта нормативов допустимых выбросов	19
Практическая работа № 3. Разработка экологического паспорта	23
Практическая работа № 4. Разработка проекта нормативов допустимых сбросов	32
Практическая работа № 5. Мониторинг качества поверхностных вод	41
Практическая работа № 6. Оценка электромагнитного загрязнения окружающей среды	47
Практическая работа № 7. Радиационно-экологический мониторинг загрязнения биосферы	53
Список литературы	59

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Экологический мониторинг, контроль и экспертиза» является научно-практической дисциплиной, определяющей пути оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы. Дисциплина изучает основные понятия, методы, методологию, принципы, нормативно-правовую базу экологического контроля окружающей среды, рассматривает объекты экологического мониторинга и экспертизы. Экологическая экспертиза – установление соответствия документов и (или) документации, обосновывающих намечаемую в связи с реализацией объекта экологической экспертизы хозяйственную и иную деятельность, экологическим требованиям, установленным техническими регламентами и законодательством в области охраны окружающей среды, в целях предотвращения негативного воздействия такой деятельности на окружающую среду. В ходе изучения дисциплины рассматриваются методы оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС), методика инженерно-экологических изысканий, даются понятия об экологическом проектировании и лицензировании в целях эколого-безопасного функционирования технических и природно-технических систем и комплексов, с целью снижения их негативного влияния на окружающую природную среду.

Данное учебное издание разработано в форме практикума, предназначенного для использования на практических и лабораторных занятиях по курсу «Экологический мониторинг, контроль и экспертиза» студентами специальности 1-33 01 01 «Биоэкология» дневной и заочной форм обучения. Целью занятий является изучение различных по форме оценок воздействия объектов хозяйствования на окружающую среду и методов мониторинга основных компонентов окружающей среды. Предусматривается получение практических навыков по методам экологической экспертизы объектов хозяйствования и подготовке документации в этой области, а также получение практических навыков по контролю и прогнозной оценке состояния природной среды.

В издании предусматривается вариация данных в практических работах, а также выбор практических работ для выполнения в соответствии с учебной программой.

Практическая работа № 1

Определение категории воздействия объекта на атмосферный воздух

Цель работы: изучить методику определения категории воздействия объекта на атмосферный воздух.

1. Общие сведения

Данная практическая работа разработана на основании подпункта 1.6 пункта 1 статьи 7 Закона Республики Беларусь от 16 декабря 2008 года «Об охране атмосферного воздуха» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2009 г., № 4, 2/1554) согласно инструкции, которая устанавливает порядок отнесения объектов воздействия на атмосферный воздух к определенным категориям [1].

По степени воздействия на атмосферный воздух объекты воздействия подразделяются на пять категорий [1].

Объекты воздействия относятся к определенной категории на основании:

количественного и качественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия (далее – критерий *C*);

значения относительного показателя опасности объекта воздействия (*ПО*);

вероятности наступления на объекте воздействия событий, имеющих неблагоприятные последствия для качества атмосферного воздуха, возникновения техногенной и экологической опасности (далее – критерий *Z*);

количества стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;

количества мобильных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;

размера зоны воздействия исходя из значений расчетных приземных концентраций, создаваемых стационарными источниками выбросов в жилой зоне (далее – расчетная приземная концентрация).

2. Методика расчета

Расчеты начинаются с определения критерия *C* по формуле:

$$C = \sum_1^n \left(\frac{M_i}{\text{ПДК}_{cc}} \right)^{a_i}, \quad (1.1)$$

где *n* – количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;

M_i – масса выброса i -го загрязняющего вещества, кг/год;

$ПДК_{cc}$ – значение среднесуточной предельно-допустимой концентрации ($ПДК$) или ориентировочно-безопасного уровня воздействия ($ОБУВ$) i -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения, $мкг/м^3$, определяемое согласно нормативам качества атмосферного воздуха [2] (см. табл. 1.4). В случае отсутствия установленного для загрязняющего вещества значения среднесуточной $ПДК$ ($ОБУВ$) для определения критерия C используются наиболее низкое значение из максимальной разовой $ПДК$, умноженной на 0,4, и значения $ПДК$ загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны согласно [3], деленное на 10;

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень воздействия i -го загрязняющего вещества с воздействием загрязняющего вещества третьего класса опасности, имеющая следующие значения [4]:

1,7 – для загрязняющих веществ 1-го класса опасности;

1,3 – для загрязняющих веществ 2-го класса опасности;

1,0 – для загрязняющих веществ 3-го класса опасности;

0,9 – для загрязняющих веществ 4-го класса опасности;

1,2 – для загрязняющих веществ, которым не установлен класс опасности.

Значение относительного показателя опасности объекта воздействия определяется по формуле:

$$ПО = \sum_1^n \frac{M_i}{ПДК_{cr}}, \quad (1.2)$$

где n – количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия;

M_i – масса выброса i -го загрязняющего вещества, т/год;

$ПДК_{cr}$ – значение среднегодовой $ПДК$ или $ОБУВ$ i -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения, $мкг/м^3$, определяемое согласно нормативам качества атмосферного воздуха. В случае отсутствия установленного для загрязняющего вещества значения среднегодовой $ПДК$ для определения относительного показателя опасности объекта воздействия используется значение максимальной разовой или среднесуточной $ПДК$, деленное на 10 и 4 соответственно [1].

По критерию Z объект воздействия относится к категории особо опасных или опасных в соответствии с подпунктами 5.3, 5.4, 5.6–5.10 пункта 5 и подпунктами 6.1–6.7, 6.10, 6.12 пункта 6 [5]. Иные объекты воздействия относятся к неопасным.

Категория объектов воздействия определяется на основании суммы условных баллов $K1$ и $K2$ согласно таблице 1.1. Значения расчетных приземных концентраций и значения $K2$ не рассчитываются и приравниваются к нулю в случаях:

- когда значение условных баллов $K1$ менее шести;
- когда значение условных баллов $K1$ более шести, но менее 10 и относительный показатель опасности объекта воздействия, рассчитанный по формуле (1.2) менее 0,1.

Условные баллы $K1$, $K2$ рассчитываются по формулам

$$K1 = 2A1 + A2 + A3 + A4 + A5, \quad (1.3)$$

$$K2 = 2B1 + B2 + B3, \quad (1.4)$$

где $A1$ – число условных баллов, определяемое по таблице 1.1 в зависимости от рассчитанного по формуле (1.1) значения критерия C ;

$A2$ – число условных баллов, определяемое в зависимости от значения относительного показателя опасности объекта воздействия, рассчитанного по формуле (1.2), согласно таблице 1.1;

$A3$ – число условных баллов, определяемое в зависимости от значения критерия Z , определенного в соответствии с [5], согласно таблице 1.1 (в данной работе принимаем $A3 = 0$);

$A4$ – число условных баллов, определяемое по количеству стационарных источников выбросов, отвечающих граничным показателям согласно таблице 1.1;

$A5$ – число условных баллов, определяемое по количеству мобильных источников выбросов, отвечающих граничным показателям согласно таблице 1.1 (в данной работе принимаем $A5 = 1$);

$B1$ – количество загрязняющих веществ и (или) групп загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия, по которым расчетная приземная концентрация превышает единицу;

$B2$ – количество загрязняющих веществ и (или) групп загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия, по которым расчетная приземная концентрация находится в диапазоне от 0,8 до 1 (в данной работе принимаем $B1 = B2 = 0$);

$B3$ – число условных баллов, определяемое в зависимости от размера зоны воздействия, отвечающих граничным показателям согласно таблице 1.2.

К зоне воздействия объекта воздействия относятся все территории, расположенные внутри внешней границы, которая определяется как замкнутая линия на местности, вне которой для любой точки местности для любого из выбрасываемых загрязняющих веществ выполняется условие:

$$q_{np,j} = \frac{C_{np,j}}{ПДК_{мп,j}} < 0,2, \quad (1.5)$$

где $C_{пр,j}$ – приземная концентрация j -го загрязняющего вещества, создаваемая стационарными источниками выбросов объекта воздействия в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения без учета фоновых концентраций, $мг/м^3$;

$ПДК_{пр,j}$ – значение максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ОБУВ) j -го загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных пунктов и мест отдыха населения, $мг/м^3$, определяемое согласно нормативам качества атмосферного воздуха.

Таблица 1.1

Значение коэффициентов A_i для определения категории объектов воздействия на атмосферный воздух

Критерий	Число условных баллов, A_i				
	0	1	2	3	4
1. Зависимость от количественного и качественного состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов, находящихся на объекте воздействия, C	0	от 0 до 10^3	от 10^3 до 10^4	от 10^4 до 10^6	Не менее 10^6
2. Показатель опасности объекта воздействия, $ПО$	Менее 0,01	от 0,01 до 0,29	от 0,3 до 29,99	от 30 до 99,99	Более 99,99
3. Техногенная и экологическая опасность объекта воздействия, Z	неопасное	опасное	особо опасное	–	–
4. Количество стационарных источников выбросов	До 5	от 6 до 10	от 11 до 50	от 51 до 100	свыше 100
5. Количество мобильных источников выбросов	До 5	от 6 до 25	от 26 до 99	от 100 до 499	Не менее 500

Таблица 1.2

Значение коэффициента B_3 в зависимости от размера зоны воздействия

Критерий	Число условных баллов, B_3				
	0	1	2	3	4
Размер зоны воздействия, $м$	до 100	от 101 до 300	от 301 до 1000	от 1001 до 3000	Более 3000

Таблица 1.3

Граничные условия для деления объектов воздействия на атмосферный воздух по категориям в зависимости от суммы условных баллов

Сумма условных баллов	до 5	от 6 до 10	от 11 до 16	от 17 до 21	Свыше 21
Категория объектов воздействия	V	IV	III	II	I

Таблица 1.4

ПДК(ОБУВ) загрязняющих веществ

№ п/п	Загрязняющее вещество	код вещества	Класс опасности	ПДК, ОБУВ мкг/м ³		
				мр	сс	сг
1	Азот (II) оксид (азота оксид)	0304	3	400,0	240,0	100,0
2	Азот (IV) оксид (азота диоксид)	0301	2	250,0	100,0	40,0
3	Аммиак	0303	4	200,0	80,0	20,0
4	Бенз(а)пирен	0703	1	–	5нг/м ³	1нг/м ³
5	Бензол	0602	2	100,0	40,0	10,0
6	Бутилацетат	1210	4	100,0	–	–
7	Бутан-1-ол (бутиловый спирт)	1042	3	100,0	–	–
8	Водород	0316	2	200,0	100,0	50,0
9	Железа (II) оксид (железо и его соединения)	0123 0130	3	200,0	100,0	40,0
10	Каучук СКТН (пыль)	2928	б/к	500,0	–	–
11	Ксилолы	0616	3	200,0	100,0	20,0
12	Кумол	0612	4	14,0	–	–
13	Марганец и его соединения в пересчете на марганец (IV) оксид	0143	2	10,0	5,0	1,0
14	Масло минеральное	2735	3	50,0	20,0	5,0
15	Метан	0410	4	50·10 ³	20·10 ³	5·10 ³
16	Метилэтилкетон	1409	3	100,0	40	10
17	Натрия гидрохлорид	0150	б/к	10,0	–	–
18	Пропан 2-ол (спирт изопропиловый)	1051	3	600,0	200,0	60,0
19	Пропан 2-он (ацетон)	1401	4	350,0	150,0	35,0
20	Пыль древесная	2936	3	400	160	40
21	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния <70%	2908	3	300,0	100,0	30,0
22	Серы диоксид (сера (IV) оксид)	0330	3	500,0	200,0	50,0
23	Свинец	0184	1	1,0	0,3	0,1
24	Спирт этиловый (этанол)	1061	4	5000,0	2000,0	500,0
25	Стирол	0620	2	40,0	8,0	2,0
26	Твердые частицы	2902	3	300,0	150,0	100,0
27	Толуол	0621	3	600,0	300,0	100,0
28	Углеводороды алициклические	0551	4	1400,0	560,0	140,0
29	Углеводороды непред. алифатического ряда C ₂ -C ₅	0550	4	3·10 ³	1,2·10 ³	300,0
30	Углеводороды предельные алифатического ряда C ₁ -C ₁₀ (алканы)	0401	4	25·10 ³	10·10 ³	2,5·10 ³
31	Углеводороды предельные алифатического ряда C ₁₁ -C ₁₉	2754	4	1000,0	400,0	100,0
32	Углерода оксид	0337	4	5000,0	3000,0	500,0
33	Фтористые газообразные соединения (в пересчете на фтор)	0342	2	20,0	5,0	1,0
34	Цинка оксид	0229	3	250,0	150,0	50,0
35	Этилбензол	0627	3	20,0	–	–
36	Этилмеркаптан (этантиол)	1728	3	0,05	–	–
37	Этилцеллозольв	1119	б/к	700,0	–	–

*В случае отсутствия вещества в таблице принимать значения строки 20.

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1 Название работы.
- 3.2 Цель работы.
- 3.3 Условие задания.
- 3.4 Алгоритм расчета категории воздействия объекта с цифровыми значениями.
- 3.5 Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1 Для чего объекты воздействия на атмосферный воздух относятся к определенным категориям?
- 4.2 Что такое $ПДК_{мр}$, $ПДК_{сс}$, $ПДК_{сг}$?
- 4.3 Что учитывает и от чего зависит критерий C ?
- 4.4 Как определяется значение относительного показателя опасности $ПО$?
- 4.5 Как рассчитываются условные баллы $K1$ и $K2$?
- 4.6 Как определяется размер зоны воздействия расчетным путем?

5. Варианты заданий к практической работе

Определить категорию воздействия предприятия на атмосферный воздух, которое имеет два производства с N источниками выброса в атмосферу вредных веществ. Сделать вывод.

Исходными данными для расчета являются соответствующие Вашему варианту производства с источниками выброса вредных веществ и их параметры (см. табл. 1.5).

Варианты: **1** (производство № 1, 2), **2** (производство № 3, 4), **3** (производство № 5, 6), **4** (производство № 7, 8), **5** (производство № 1, 3), **6** (производство № 1, 4), **7** (производство № 1, 5), **8** (производство № 1, 6), **9** (производство № 1, 7), **10** (производство № 1, 8), **11** (производство № 2, 3), **12** (производство № 2, 4), **13** (производство № 2, 5), **14** (производство № 2, 6), **15** (производство № 2, 7), **16** (производство № 2, 8), **17** (производство № 3, 5), **18** (производство № 3, 6); **19** (производство № 3, 7); **20** (производство № 3, 8).

Дополнительно: варианты 1–10 – размер зоны воздействия 80 м, производства неопасные; варианты 11–15 – размер зоны воздействия 150 м, производства неопасные; варианты 16–20 – размер зоны воздействия 350 м, производства опасные.

Таблица 1.5

Параметры выбросов ЗВ в атмосферный воздух

1	2	3	4	5		6		7	8			9			
				цех	наименование источника выброса	количество, наименование	номер		код	наименование	г/с	т/г	г/с	т/г	г/с
Производство 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
															Гараж
	Мастерская	заготовные станки	200	1, труба	0002	2908	(в пересчете на фтор)	0,384	0,296	0,0384	0,0296	0,0384	0,0296	0,0384	0,0296
	Склад	сверлильный станок	300	1, труба	0004	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	1,324	1,296	0,1324	0,1296	0,1324	0,1296	0,1324	0,1296

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Промзона	сварочные посты	40	1, труба	0006	0123	Железа (II) оксид			0,0275	0,0019	
						0143	Марганец и его соедин.			0,0048	0,0081	
						0342	Фтористые соедин. (в пересчете на фтор)			0,0011	0,0080	
	Цех № 1	покрасочная камера	300	1, труба	0007	1401	Ацетон				0,0548	0,0598
						0621	Толуол			0,4102	0,7662	
						1240	Этилацетат			0,0935	0,1015	
						1409	Метилэтилкетон			0,0858	0,0928	
						1061	Спирт этиловый			0,0288	0,0318	
						1210	Бутилацетат			0,0658	0,0266	
						1042	Бутиловый спирт			0,0666	0,0768	
						0627	Этилбензол			0,0248	0,0268	
						1119	Этилцеллозольв			0,0028	0,0028	
						0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀			0,0553	0,0356	
						0602	Бензол			0,0251	0,0353	
						1210	Бутилацетат			0,0008	0,0052	
						1042	Бутиловый спирт			0,0053	0,0051	
						0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀			0,0051	0,0051	
	0616	Ксилолы			0,0042	0,0041						
	0612	Кумол			0,0043	0,0041						
	0620	Стирол			0,0041	0,0043						
	0621	Толуол			0,0052	0,0051						
	1240	Этилацетат			0,0061	0,0063						
	0627	Этилбензол			0,0067	0,0062						
1119	Этилцеллозольв			0,0042	0,0041							
0602	Бензол			0,0015	0,0009							
0550	Углев. непред.			0,0019	0,0041							
0551	Углев. алициклические			0,0015	0,0044							
0304	Азота (II) оксид			0,0064	0,1249							
0301	Азота (IV) оксид			0,0366	0,9408							
0337	Углерода оксид			0,0544	0,2264							
0703	Бензапирен			1,39E-08	5,78E-08							
	Цех № 1	сушильная камера	775	1, труба	0008							
	Котельная	котел «Buderus»	8760	1, труба	0009							

Производство 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Производство 3	АЗС	резервуар 10 м ³ бензин Н-80 сл./нал.	8760 хран., сл./нал.	1, неорганизов. источник	6001	0401	Углев. пред.. С ₁ -С ₁₀			1,5023	0,1139	
						0550	Углев. неперед.. С ₂ -С ₅		0,0406	0,0036		
	Бокс № 1	токарный ста- нок	500	1, труба	0011	0602	Бензол		0,266	2,464	0,0362	0,0063
						0621	Толуол			0,0263	0,0062	
						0627	Этилбензол			0,0011	0,0011	
						0616	Ксилолы			0,0022	0,0022	
						2908	Пыль неорганическая с соед. SiO ₂ <70%			0,0266	0,0464	
						0304	Азота (II) оксид			0,1432	0,2049	
						0301	Азота (IV) оксид			0,8816	1,2612	
						0337	Углерода оксид			2,0998	2,6315	
						2902	Твердые частицы			7,2593	7,8803	
						0330	Серы диоксид			0,3314	0,3169	
	Гальвани- ческий участок	пост заливки цинком	450	1, труба	0013	0703	Бенз(а)пирен			2,38E-06	2,38E-06	0,0026
						0229	Цинка оксид			0,0036	0,0026	
						0184	Свинец и его соед.			0,000090	0,000060	
						0316	Водород хлористый			0,0012	0,0011	
						0303	Аммиак			0,0025	0,0023	
						0337	Углерод оксид			0,0282	0,0224	
						0301	Азот (IV) оксид			0,0127	0,0226	
						0150	Натрия гидроокись			0,0021	0,0021	
						0229	Цинка оксид			0,0034	0,0032	
						0316	Водород хлористый			0,0033	0,0033	
	Гальвани- ческий участок	линия оксиди- рования	530	1, труба	0015	0150	Натрия гидроокись			0,0033	0,0036	0,0036
0229						Цинка оксид			0,0034	0,0032		
0316						Водород хлористый			0,0035	0,0035		
0123						Железа (II) оксид			0,0745	0,1119		
Сварочный участок	сварочные ка- бины	1100	1, труба	0016	0143	Марганец и его соед.			0,048	0,0511		
					0342	Фтористые соед. (в пересчете на фтор)			0,0212	0,0420		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Участок дерево-обработки Цех № 2	фрезерный станок Рейсмусовый станок	40	1, труба	0017	2936	Пыль древесная	1,640	7,290	0,164	0,729	
		покрасочная камера	1680	1, труба	0018	1401 0621 1240 1409 1061 1210 1042 0627 1119 0401 1051 0602 0550 0616 0602	Ацетон Толуол Этилацетат Метилэтилкетон Спирт этиловый Бутилацетат Бутиловый спирт Этилбензол Этилцеллозоль Углев. пред. C ₁ -C ₁₀ Спирт изопропил. Бензол Углев. непред. C ₂ -C ₅ Ксилолы Бензол	0,0221 0,0024 0,0027 0,0222 0,0031 0,0031 0,0032 0,0042 0,0041 0,0140 0,0442 0,0553 0,0054 0,0250 0,0251	0,0223 0,0620 0,0425 0,0121 0,0036 0,0034 0,0138 0,0142 0,0044 0,1444 0,0441 0,0159 0,0255 0,2250			
1	Цех № 2	камера нанесения полимерных покрытий	1680	1, труба	0019	1210	Бутилацетат				0,0331	0,0332
						1042	Бутиловый спирт			0,0033	0,0031	
						0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀			0,0031	0,0031	
						0616	Ксилолы			0,0042	0,0441	
						0612	Кумол			0,0043	0,0041	
						0620	Стирол			0,0041	0,0044	
						0621	Толуол			0,0032	0,0031	
						1240	Этилацетат			0,0031	0,0033	
						0627	Этилбензол			0,0031	0,0032	
						1119	Этилцеллозоль			0,0042	0,0041	
						0602	Бензол			0,0042	0,0044	
						0550	Углев. непред.			0,0042	0,0041	
						0551	Углев. алициклическ.			0,0042	0,0044	

Производство 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Производство 5	Гараж	токарные стан- ки	140	1, труба	0020	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,260	0,440	0,026	0,044
	Цех № 3	покрасочная камера	1200	1, труба	0021	1401	Ацетон			0,0221	0,0223
						0621	Толуол			0,0224	0,0622
						1240	Этилацетат			0,0227	0,0425
						1409	Метилэтилкетон			0,0332	0,0131
						1061	Спирт этиловый			0,0331	0,0036
						1210	Бутилацетат			0,0331	0,0034
						1042	Бутиловый спирт			0,0332	0,0138
						0627	Этилбензол			0,0032	0,0132
						1119	Этилцеллозольв			0,0331	0,0334
						0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀			0,0140	0,1444
						0551	Углев. алициклические			0,0660	0,0363
						1051	Спирт изопропил.			0,0042	0,0441
						0602	Бензол			0,0043	0,0149
						0550	Углев. непред.			0,0044	0,0245
						0616	Ксилолы			0,0240	0,2240
						0602	Бензол			0,0241	0,0343
	Химическая лаборатория	лабораторный вытяжной шкаф	500	1, труба	0022	1061	Спирт этиловый			0,1648	0,148
						0551	Углев. алициклические			0,0042	0,0054
						0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀			0,0150	0,1544
						0550	Углев. непред. C ₂ -C ₅			0,0554	0,0525
					1401	Ацетон			0,0551	0,0553	
					1042	Бутиловый спирт			0,0051	0,0051	
Химическая лаборатория	сушильный шкаф	500	1, труба	0023	2735	Масло минеральное			0,0150	0,0454	
					1061	Спирт этиловый			0,0658	0,1508	
					0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀			0,0250	0,0544	
					0301	Азот (IV) оксид			0,3943	0,9242	
					0337	Оксид углерода			0,5940	1,5249	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Производство 6	Токарное отделение	400	1, труба	0024	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,556	0,252	0,0556	0,0252	
	АЗС	резервуар 10м ³ дизтопливо	8760 хран., сл./нал.	1, дыхательный клапан	0025	2754	Углев. предельн. C ₁₁ -C ₁₉		0,0555	0,0545	
	Цех№3	камера нанесения полимерных покрытий	775	1, труба	0026	1210	Бутилацетат		0,0054	0,0551	
					1042	Бутиловый спирт		0,0051	0,0052		
					0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀		0,0051	0,0053		
					0616	Ксилолы		0,0051	0,0052		
					0612	Кумол		0,0442	0,0443		
					0620	Стирол		0,0033	0,0331		
					0621	Толуол		0,0031	0,0032		
					1240	Этилацетат		0,0031	0,0031		
					0627	Этилбензол		0,0034	0,0037		
					1119	Этилцеллозольв		0,0061	0,0062		
					0602	Бензол		0,0661	0,0662		
					0550	Углев. неперед. C ₂ -C ₅		0,0662	0,0663		
					0551	Углев. алициклические		0,0661	0,0663		
	Склады	склад угля	4380	1, неорганизов. ист.	6002	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,466	8,162	0,0466	0,8162
			8760	1, неорганизов. ист.	6003	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,666	9,262	0,0666	0,9262
	Склады	котел паровой ДКВР 6,5/13		1, труба	0029	0304	Азот (II) оксид		-	1,301	
						0301	Азот (IV) оксид		1,3923	8,1222	
						0337	Оксид углерода		2,5902	25,523	
					2902	Твердые частицы		3,7912	23,503		
					0330	Сера диоксид		18,253	12,483		
		0703	Бенз(а)пирен		1,08E-05	3,19E-05					

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Производство 7	Склад № 2	заточной станок отрезной станок	240	1, дефлектор	0030	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,564	0,252	0,0564	0,0252	
	Склад № 3	заточной станок отрезной станок	240	1, дефлектор	0031	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,564	0,252	0,0564	0,0252	
	Склад № 4	токарный станок фрезерный станок	420	1, дефлектор	0032	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,564	0,252	0,0564	0,0252	
	Склад № 5	токарный станок фрезерный станок	420	1, дефлектор	0033	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,564	0,252	0,0564	0,0252	
	Склад № 6	токарный станок фрезерный станок	420	1, дефлектор	0034	2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%	0,564	0,252	0,0776	0,0472	
	Цех № 3	сушильная камера	1680	1, труба	0035	1210	Бутилацетат				0,0051	0,0052
						1042	Бутиловый спирт				0,0055	0,0051
						0401	Углев. пред. C ₁ -C ₁₀				0,0051	0,0051
						0616	Ксилолы				0,0052	0,0051
						0612	Кумол				0,0063	0,0061
						0620	Стирол				0,0061	0,0045
						0621	Толуол				0,0052	0,0051
						1240	Этилацетат				0,0051	0,0060
						0627	Этилбензол				0,0051	0,0062
						1119	Этилцеллозольв				0,0062	0,0061
	0602	Бензол				0,0062	0,0074					
	0550	Углев. непред. C ₂ -C ₅				0,0062	0,0071					
0551	Углев. алициклические				0,0072	0,0074						
1401	Ацетон				0,0017	0,0073						
1051	Спирт изопропил.				0,0047	0,0760						
0337	Оксид углерода				0,0077	0,0745						
1409	Метилэтилкетон				0,0027	0,0171						
1061	Спирт этиловый				0,0071	0,0076						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Производство 8	Склад ГСМ	резервуар РГДС-50 (ДТ+Н-80)	8760	1, дыхательный клапан	0036	0401	Углеводор. пред. C ₁ -C ₁₀			1,5767	0,7866	
						0550	Углеводор. непред. C ₂ -C ₅			0,0662	0,0210	
	Склад ГСМ	резервуар РГДС-10 (А-92+пустой)	8760	1, дыхательный клапан	0037	0602	Бензол				0,0336	0,0168
						0621	Толуол			0,0244	0,0122	
						0627	Этилбензол			0,0008	0,0004	
						0616	Ксилолы			0,0025	0,0013	
						0401	Углеводор. предел. C ₁ -C ₁₀			1,5570	0,0527	
	0550	Углев. непред. C ₂ -C ₅			0,042	0,0021 0						
	Склад ГСМ	резервуар РГС-10 (10м ³)	8760	1, дыхательный клапан	0038	2754	Углеводор. пред. C ₁₂ -C ₁₉			0,0543	0,0085	
	Склад ГСМ	резервуар РГДС-5 (масло МГ-10)	8760	1, дыхательный клапан	0040	2735	Масло минеральное			0,0019	0,0081	
	Котельная	котел PREXTHERM RSW820 (1 – рабочий, 3 – резервных, газ)	1956	1, труба	0041	0304	Азот (II) оксид				-	0,1395
						0301	Азота (IV) оксид			0,1356	0,9905	
						0337	Углерода оксид			0,0288	0,0041	
ГРП	ТО, плановые ремонты неплотность соедин., негерметичность об.	15	свеча	0042	0703	Бенз(а)пирен				4,2Е-07	7,4Е-07	
					0410	Метан			0,1500	0,1865		
ШРП	ТО, плановые ремонты неплотность соедин., негерметичность об.	15	свеча	0043	1728	Этилмеркаптан				2,2·10 ⁻⁶	4,9·10 ⁻⁶	
					0410	Метан			0,1250	0,15610		
Шиноремонт	вулканизатор	42	1, труба	0044	1728	Этилмеркаптан				0,9·10 ⁻⁶	2,2·10 ⁻⁶	
					0550	Углеводор. непред. C ₂ -C ₅			0,0620	0,0210		
Токарное отделение	заточный станок, сверлильный станок, токарный станок	100 100 100	1, труба	0045	0330	Серы диоксид				9Е-08	4Е-08	
					2908	Пыль неорганическая с сод. SiO ₂ <70%			0,0384	0,0176		

Практическая работа № 2

Разработка проекта нормативов допустимых выбросов

Цель работы: изучить методику разработки проекта нормативов допустимых выбросов и научиться применять ее на практике.

1. Общие сведения

Данная работа разработана на основании инструкции о порядке установления нормативов допустимых выбросов (НДВ) загрязняющих веществ [6], которая определяет порядок установления нормативов (временных нормативов) допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, а также определяет состав и содержание проекта НДВ загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Определение нормативов выбросов включает следующие этапы:

для объектов воздействия на атмосферный воздух I–III, а также IV категории со значением относительного показателя опасности объекта воздействия на атмосферный воздух более 0,1 анализ расчетных максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ или групп суммации, создаваемых стационарными источниками выбросов на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) и в жилой зоне, полученных на основании расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

анализ данных инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух природопользователя;

определение наличия и величины технологических нормативов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и предельных значений концентраций;

определение норматива выброса как наименьшего значения из:

выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, определенного на основании инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, обеспечивающего выполнение условия, указанного в части первой пункта 7 [6];

выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, определенного на основании технологического норматива выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух;

выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, определенного на основании предельного значения концентрации.

В случае, когда норматив выброса ниже значения выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, определенного на основании инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, последний устанавливается в качестве временного норматива выброса. При этом разрабатываются мероприятия по охране атмо-

сферного воздуха. Разработанные нормативы (временные нормативы) выбросов оформляются в виде проекта (корректировки проекта) НДВ загрязняющих веществ в атмосферный воздух в двух экземплярах на бумажном носителе в виде одной или нескольких книг, который утверждается природопользователем. Кроме того, содержащиеся в проекте сведения о природопользователе и нормативы (временные нормативы) выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух представляются на электронном носителе в формате «Excel», по одной таблице на каждом листе книги.

2. Содержание проекта НДВ

Проект НДВ должен содержать следующие разделы:

- титульный лист и общие сведения о природопользователе;
- список исполнителей;
- содержание, состав (если он содержит несколько книг);
- перечень сокращений, условных обозначений и терминов (разрабатывается в случае необходимости);
- введение;
- производственная программа;
- параметры выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для расчета нормативов (временных нормативов);
- обоснование подходов, принятых при разработке нормативов (временных нормативов) выбросов;
- нормативы (временные нормативы) выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по форме (см. табл. 2.1, 2.2);
- мероприятия по охране атмосферного воздуха (разрабатываются в случае, предусмотренном пунктом 12 [6]);
- расчет на перспективу категории объектов воздействия на атмосферный воздух в соответствии с требованиями [1] (в случаях изменения более 10% от существующего уровня нормативов (временных нормативов) выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и выполнения мероприятий по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух);
- список литературных источников.

К проекту НДВ прилагается документ, подтверждающий установленные границы СЗЗ и обоснование целесообразности проведения и результаты расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по загрязняющим веществам, для которых при определении нормативов выбросов не выполнялось условие, указанное в части первой пункта 7 [6].

Таблица 2.1

**Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ
в атмосферный воздух для нормируемых источников выбросов
ОАО «Бонус» (пример)***

Источник выделения (цех, участок, наименование технологического оборудования)	Номер источника выброса	Существующее положение на 2012 г.			Перспектива на 2013 г.			Перспектива на 2020 г.		
		мг/м ³	г/с	т/год	мг/м ³	г/с	т/год	мг/м ³	г/с	т/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(0304) Азот (II) оксид (азота оксид)										
ПП5. Котельная. Котел «Buderus»	0010	–	0,006	0,229	–	0,006	0,229	–	0,006	0,229
(0301) Азот (IV) оксид (азота диоксид)										
ПП5. Котельная. Котел «Buderus»	0010	–	0,037	0,141	–	0,037	0,141	–	0,037	0,141
(0703) Бенз(а)пирен										
ПП5. Котельная. Котел «Buderus»	0010	–	1,39 Е-08	5,78 Е-08	–	1,39 Е-08	5,78 Е-08	–	1,4Е -08	5,78 Е-08
(2908) Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния <70%										
ПП5. Гараж. Заточной станок	0002	–	0,016	0,008	–	0,016	0,008	–	0,016	0,008
ПП5. АБК. Мастерская. Станки	0003	–	0,038	0,028	–	0,038	0,028	–	0,038	0,028
(0337) Углерод оксид (окись углерода)										
ПП5. Котельная. Котел «Buderus»	0010	–	0,054	0,226	–	0,054	0,226	–	0,054	0,226

*Расположение листа альбомное

Таблица 2.2

**Нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ
в атмосферный воздух для объекта воздействия ОАО «Бонус»
(пример)**

№ п/п	Загрязняющее вещество	Код вещества	Класс опасности	Временный норматив допустимых выбросов		Норматив допустимых выбросов		Срок действия временного норматива допустимых выбросов
				г/с	т/год	г/с	т/год	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Азот (II) оксид (азота оксид)	0304	3			0,006	0,229	
2	Азот (IV) оксид (азота диоксид)	0301	2			0,037	0,141	
3	Бенз(а)пирен	0703	1			1·10 ⁻⁸	6·10 ⁻⁸	
4	Пыль неорганическая, сод. SO ₂ <70%	2908	3			0,054	0,035	
5	Углерод оксид (окись углерода)	0337	4			0,054	0,226	

Репозиторий ВГУ

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1 Название работы.
- 3.2 Цель работы.
- 3.3 Условие задания (из табл.1.5).
- 3.4 Таблицы проекта НДС на листах формата А-4 или в тетради (аналог табл. 2.1, 2.2).
- 3.5 Таблицы проекта НДС в электронном виде в программе «Excel».
- 3.6 Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1 Для чего составляется проект НДС?
- 4.2 Для каких источников устанавливаются, а для каких не устанавливаются НДС?
- 4.3 Какие параметры относятся к НДС?
- 4.4 В каких случаях проект НДС не разрабатывается?
- 4.5 Перечислите состав и содержание проекта НДС.
- 4.6 Когда производится расчет на перспективу категории объектов воздействия?
- 4.7 Когда производится внесение изменений и дополнений в проект НДС?

5. Варианты заданий к практической работе

Задание: Разработать проект НДС для предприятия, которое имеет *N* источников выброса в атмосферу вредных веществ. Представить проект НДС в форме таблиц на листах А-4 и в программе Excel. Сделать вывод.

Исходными данными для разработки проекта НДС являются соответствующие Вашему варианту производства с источниками выброса вредных веществ и их параметры (табл. 1.5, практическая работа № 1).

Варианты: **1** (производство № 1, 2), **2** (производство № 3, 4), **3** (производство № 5, 6), **4** (производство № 7, 8), **5** (производство № 1, 3), **6** (производство № 1, 4), **7** (производство № 1, 5), **8** (производство № 1, 6), **9** (производство № 1, 7), **10** (производство № 1, 8), **11** (производство № 2, 3), **12** (производство № 2, 4), **13** (производство № 2, 5), **14** (производство № 2, 6), **15** (производство № 2, 7), **16** (производство № 2, 8), **17** (производство № 3, 5), **18** (производство № 3, 6); **19** (производство № 3, 7); **20** (производство № 3, 8).

Практическая работа № 3

Разработка экологического паспорта

Цель работы: изучить методику разработки экологического паспорта (экопаспорта) и научиться заполнять его разделы.

1. Общие сведения

Структура экопаспорта определяется инструкцией по ведению экологического паспорта предприятий [7]. Экопаспорта разрабатываются и заполняются по форме экологического паспорта, утвержденной Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Минприроды) для различных промышленных и иных объектов хозяйствования [8].

Экологический паспорт предприятия предназначен для:

осуществления государственного контроля по соблюдению юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями (ИП) нормативов в области охраны окружающей среды, в том числе технологических нормативов, и иных требований в области охраны окружающей среды;

комплексного учета используемых природных и вторичных ресурсов;

определения уровня влияния производства на окружающую среду;

определения соответствия уровня производства наилучшим доступным техническим методам.

Экопаспорт предприятия разрабатывается для предприятий в целом, а также может разрабатываться для каждого цеха (производства, участка) отдельно с указанием в экологическом паспорте основного предприятия информации об этих цехах (производствах, участках).

Один экземпляр экопаспорта предприятия находится на предприятии, а второй – в месячный срок после утверждения направляется юридическим лицом или ИП, в ведении и (или) распоряжении, и (или) пользовании которого находится предприятие, Минскому городскому комитету, городской, районной инспекциям природных ресурсов и охраны окружающей среды по месту осуществления хозяйственной деятельности. Экологический паспорт предприятия разрабатывается на срок эксплуатации предприятия.

Экопаспорт предприятия утверждается руководителем предприятия, который несет ответственность за достоверность данных экологического паспорта.

Дополнение, изменение экопаспорта предприятия осуществляется: при реконструкции, расширении, техническом перевооружении,

модернизации, изменении профиля и технологии производства – проектной организацией, разрабатывающей проектную документацию;

по письменным замечаниям и предложениям Минприроды или его территориальных органов по утвержденному экопаспорту предприятия – разработчиком экологического паспорта предприятия в двухмесячный срок;

при изменении (дополнении) данных, внесенных в экологический паспорт предприятия, в том числе информации об арендаторах, – в течение двух месяцев с момента изменений юридическим лицом или ИП, в ведении, распоряжении или пользовании которого находится предприятие.

2. Содержание экологического паспорта

2.1 Общие сведения:

место нахождения юридического лица (ИП);
электронный адрес, интернет-сайт, телефон;
расчетный счет и учетный номер плательщика (УНП);
сведение о регистрации в едином государственном регистре юридических лиц и ИП;

место расположения цехов (производств, участков), для которых разработаны отдельные экологические паспорта;

форма собственности;
номер и дата свидетельства об экологической сертификации;
наименование и место нахождения организации генерального проектировщика;

наличие лицензий на деятельность, связанную с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду в части обращения с озоноразрушающими веществами, использования отходов 1–3-го классов опасности, обезвреживания отходов (номер лицензии и срок действия);

радиационная обстановка в районе размещения предприятия.

2.2 Раздел I. Проектные данные

2.2.1 Общая часть:

наименование проектной организации, место ее нахождения;
сметная стоимость проекта в ценах 2006 года (миллионов рублей), в том числе затраты на мероприятия по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов;

сроки начала и окончания строительства;

наименование и годовой объем выпускаемой продукции (основной);

номер, дата заключения государственной экспертизы и государственной экологической экспертизы и наименование органа, выдавшего заключение.

2.2.2 Данные о площадке размещения объекта:

площадь (гектары) земельного участка, предоставленного для размещения проектируемого объекта;

наличие особо охраняемых природных территорий, мест произрастания дикорастущих растений и обитания диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь;

площадь застройки (гектары);

площадь искусственных покрытий (гектары);

общая площадь озеленения (гектары);

количество деревьев по породам и диаметрам стволов (штук);

количество мест парковки легкового транспорта (штук);

количество мест парковки грузового транспорта (штук);

площадь зеркала водных объектов (гектары);

площадь лесных и сельскохозяйственных угодий (в том числе пашни), подлежащих изъятию в постоянное пользование (гектары);

данные о загрязнении территории до начала строительства (фоновые концентрации загрязняющих веществ в почве, миллиграмм на килограмм);

санитарная классификация объекта;

нормативный размер санитарно-защитной зоны (метры);

принятый в проекте размер санитарно-защитной зоны (метры);

мероприятия по организации санитарно-защитной зоны.

2.2.3 Охрана и рациональное использование водных ресурсов:

наименование источника хозяйственно-питьевого и производственного водоснабжения;

водозаборные сооружения (описание схемы подачи воды, состав сооружений по очередям строительства с указанием их производительности);

общий объем водопотребления (кубические метры в сутки), в том числе на хозяйственно-питьевые нужды, на производственные нужды (с указанием объема воды питьевого и технического качества);

производительность систем оборотного водоснабжения и повторного использования воды (кубические метры в сутки);

наименование технологических циклов, где используются системы оборотного и повторного водоснабжения;

экономия свежей воды за счет применения оборотного и повторного водоснабжения (проценты);

сведения о приборах учета питьевой, технической и сточной воды;

общий объем сточных вод (кубические метры в сутки), в том

числе хозяйственно-бытовых, производственных (из них не требующих очистки);

внутриплощадочные и внеплощадочные сооружения по очистке хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод (состав и производительность сооружений по очередям строительства, описание технологической схемы очистки, наименование объекта сброса очищенных сточных вод (наличие и местоположение выпуска в открытый водоприемник));

сооружения по очистке поверхностных (дождевых, талых, поливочных) сточных вод;

физико-химический состав и свойства сточных вод (отдельно для хозяйственно-бытовых, производственных, поверхностных сточных вод).

наименование реагентов, предусмотренных для очистки сточных вод;

наименование, физико-химические и бактериологические показатели качества воды водоема, куда сбрасываются очищенные сточные воды.

2.2.4 Удаление, обезвреживание животноводческих стоков (для сельскохозяйственных предприятий):

система удаления навозных стоков;

образование навозных стоков (кубические метры в сутки), в том числе твердой фракции;

описание системы обезвреживания (обеззараживания) твердой фракции;

мероприятия по предотвращению загрязнения окружающей среды животноводческими стоками;

наличие системы производства биогаза, ее производительность.

2.2.5 Охрана атмосферного воздуха:

2.2.5.1 категория опасности объекта по степени воздействия выбросов на атмосферный воздух _____;

2.2.5.2 количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух от всех проектируемых источников выбросов (тонн в год) _____;

2.2.5.3 количество уловленных и обезвреженных загрязняющих веществ (тонн в год) _____;

2.2.5.4 источник теплоснабжения объекта и вид потребляемого топлива на собственные нужды _____;

2.2.5.5 существующие фоновые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе строительства предприятия, мкг/м^3 – заполняется таблица (см. табл. 3.1);

2.2.5.6 ожидаемые значения максимальных концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферы после ввода в эксплуатацию проектируемого объекта (указываются в соответствии с расчетом рассеивания вредных веществ в приземном слое атмосферы с учетом фоновых концентраций – заполняется таблица (см. табл. 3.2);

2.2.5.7 величина существующего на объекте валового выброса вредных веществ в воздушный бассейн (после очистки) до разработки новых проектных решений _____ тонн в год;

2.2.5.8 величина допустимых выбросов (ДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух в целом по предприятию с учетом реализации проектных решений _____ тонн в год;

2.2.5.9 нормативы выбросов загрязняющих веществ с разбивкой по ингредиентам в целом по объекту (при количестве ингредиентов более 20 таблица оформляется отдельным приложением) – заполняется таблица (по результатам выполнения практической работы № 2 – см. аналог. табл. 2.2);

2.2.5.10 параметры выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (представляется таблица 1.5 из практической работы № 1 в соответствии с Вашим вариантом).

2.2.6 Образование, использование, обезвреживание, хранение и захоронение отходов:

виды, объемы (тонн в год) образующихся отходов и обращение с ними – заполняется таблица по форме (см. табл. 3.3);

виды и объемы (тонн) отходов, образованных при строительстве (реконструкции) объекта, и направления их использования.

2.2.7 Охрана объектов животного мира:

перечень мероприятий, обеспечивающих сохранение путей миграции и мест обитания (концентрации) диких животных (строительство и ввод в эксплуатацию сооружений для прохода диких животных через транспортные коммуникации, плотины и иные препятствия на путях их миграции, а также иных сооружений, возводимых в целях предотвращения и (или) компенсации возможного вредного воздействия на объекты животного мира и (или) среду их обитания).

2.2.8 Охрана озонового слоя и воздействие на климат:

объем (тонн) и виды разрешенных к обращению озоноразрушающих веществ;

объемы выбросов (тонн в год) парниковых газов, в том числе углерода диоксида (CO_2), метана (CH_4), азота (I) оксида (закись азота) (N_2O), гидрофторуглеродов (ГФУ), перфторуглеродов (ПФУ), гексафторида серы (SF_6). Всего в эквиваленте углерода диоксида;

сокращение выбросов парниковых газов (тонн в год).

2.3 Раздел II. Эксплуатационные данные:

- 2.3.1** о производственных объектах;
- 2.3.2** об использовании земельных ресурсов;
- 2.3.3** о расходе сырья и вспомогательных материальных ресурсах по видам продукции;
- 2.3.4** о расходе энергоресурсов по видам продукции;
- 2.3.5** о рекультивации нарушенных земель и снятии плодородного слоя почв в виде;
- 2.3.6** о транспорте юридического лица (индивидуального предпринимателя);
- 2.3.7** об объектах растительного мира;
- 2.3.8** о природоохранных мероприятиях по рациональному использованию объектов растительного мира;
- 2.3.9** об арендуемых на предприятии площадях (арендаторах).

2.4 Приложения экологического паспорта:

- 2.4.1** ситуационный план расположения объекта с отображением ситуации в радиусе не менее двух километров;
- 2.4.2** генеральный план предприятия в масштабе один к пятистам (1:500);
- 2.4.3** карта-схема источников выбросов с точками отбора проб;
- 2.4.4** план очистных сооружений сточных вод и технологическая схема очистки производственных сточных вод;
- 2.4.5** сводный план инженерных сетей и коммуникаций;
- 2.4.6** таксационный план;
- 2.4.7** принципиальные схемы производственных технологических процессов;
- 2.4.8** баланс водопотребления и водоотведения предприятия;
- 2.4.9** технологическая схема очистки отходящих газов;
- 2.4.10** баланс материальных и энергетических потоков предприятия;
- 2.4.11** нормативы допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух с разбивкой по веществам в целом по объекту (при количестве веществ более двадцати);
- 2.4.12** разрешение на выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- 2.4.13** форма государственной статистической отчетности 1-ос (воздух);
- 2.4.14** титульный лист тома ДВ и (или) отчета по инвентаризации источников выбросов в атмосферный воздух;
- 2.4.15** перечень паспортов газоочистных установок (ГОУ);
- 2.4.16** разрешение на спецводопользование;

- 2.4.17 форма государственной статистической отчетности 1-вода (Минприроды);
- 2.4.18 норматив образования отходов производства;
- 2.4.19 разрешение на захоронение (хранение) отходов производства;
- 2.4.20 акт инвентаризации отходов;
- 2.4.21 форма государственной статистической отчетности 1-отходы (Минприроды);
- 2.4.22 форма государственной статистической отчетности 1-ос (затраты);
- 2.4.23 программа осуществления производственного аналитического контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников;
- 2.4.24 план-график осуществления производственного аналитического контроля сточных и поверхностных вод в зоне влияния выпусков сточных вод;
- 2.4.25 план-график осуществления производственного аналитического контроля подземных вод в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения;
- 2.4.26 программа осуществления производственного аналитического контроля загрязнения земли (включая почву) в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения;
- 2.4.27 радиационно-гигиенический паспорт предприятия (при наличии источников ионизирующего излучения (ИИИ));
- 2.4.28 план мероприятий на период неблагоприятных метеоусловий;
- 2.4.29 паспорт ландшафтно-архитектурного объекта;
- 2.4.30 перечень зданий и сооружений, предназначенных для охраны окружающей среды и улучшения экологической обстановки, освобожденных от обложения налогом на недвижимость.

Таблица 3.1

**Пример таблицы значений фоновых концентраций
загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе
предприятия**

Вредные вещества	Значение концентраций, мкг/м ³					Средние
	При скорости ветра 0-2 м/с	При скорости ветра 3 и более м/с и направлении				
		С	В	Ю	З	
Твердые частицы	226	226	226	226	226	226
Диоксид серы	8	8	8	8	8	8
Оксид углерода	1984	1984	1984	1984	1984	1984
Диоксид азота	98	98	98	98	98	98
Фенол	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Формальдегид	23	23	23	23	23	23

*Данные на основании письма (ответа на запрос) структурного подразделения ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды».

Таблица 3.2

Пример таблицы значений максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха

№ п/п	Наименование вещества	Значения максимальных концентраций в долях ПДК			
		В жилой зоне без учета фона	В жилой зоне с учетом фона	На границе СЗЗ без учета фона	За пределами СЗЗ без учета фона
1	Углеводороды предельные C ₁ -C ₁₀	0,12	0,12	0,12	
2	Бензол	0,95	0,95	0,95	
3	Толуол	0,08	0,08	0,08	
4	Этилбензол	0,09	0,09	0,09	
5	Ксилол	0,03	0,03	0,03	
6	Углеводороды непредельные C ₂ -C ₅	0,03	0,03	0,03	

Таблица 3.3

Виды, объемы (тонн в год) образующихся отходов и обращение с ними

Код отхода	Наименование отходов	Норматив образования	Класс опасности	Объем образования	Поступление от сторонних организаций	Использование, в том числе на предприятии	Обезвреживание, в том числе на предприятии	Захоронение, в том числе на объектах захоронения предприятия	Хранение, в том числе на предприятии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

3. Порядок оформления практической работы

3.1 Название работы.

3.2 Цель работы.

3.3 Условие задания (см. п. 5).

3.4 Раздел экопаспорта «Охрана атмосферного воздуха» (заполнить на листах формата А-4 или в тетради по форме, представленной в п. 2.2.5, используя результаты, полученные в практических работах № 1, 2).

3.5 Вывод.

Примечание: Для заполнения таблицы подпункта 2.2.5.6 Раздела «Охрана атмосферного воздуха» (аналог табл. 3.2), а также других разделов экопаспорта преподавателем выдаются дополнительные исходные данные.

4. Контрольные вопросы к практической работе

4.1 Для чего предназначен экологический паспорт?

4.2 Кем и для кого разрабатывается экологический паспорт?

4.3 Что входит в состав раздела «Общие сведения» экопаспорта?

- 4.4 Что входит в состав I раздела экопаспорта «Проектные данные»?
- 4.5 Что входит в состав II раздела экопаспорта «Эксплуатационные данные»?
- 4.6 Перечислите основные приложения экопаспорта?

5. Варианты заданий к практической работе

Заполнить раздел экопаспорта «Охрана атмосферного воздуха» для действующего предприятия, имеющего два производства. Сделать вывод.

Исходными данными для расчета являются соответствующие Вашему варианту производства с источниками выброса вредных веществ и их параметры (см. табл. 1.5), а также результаты расчетов, полученные в практических работах № 1,2.

Варианты: **1** (производство № 1, 2), **2** (производство № 3, 4), **3** (производство № 5, 6), **4** (производство № 7, 8), **5** (производство № 1, 3), **6** (производство № 1, 4), **7** (производство № 1, 5), **8** (производство № 1, 6), **9** (производство № 1, 7), **10** (производство № 1, 8), **11** (производство № 2, 3), **12** (производство № 2, 4), **13** (производство № 2, 5), **14** (производство № 2, 6), **15** (производство № 2, 7), **16** (производство № 2, 8), **17** (производство № 3, 5), **18** (производство № 3, 6); **19** (производство № 3, 7); **20** (производство № 3, 8).

Указания к выполнению:

для всех вариантов принять значения фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе предприятия согласно примеру (см. табл. 3.1);

для вариантов, в которых на производстве не указан источник теплоснабжения принять: источник теплоснабжения – *котельная*, вид потребляемого топлива – *мазут*;

величина ДВ загрязняющих веществ в п. 2.2.5.8 есть сумма величин пп. 2.2.5.2 и 2.2.5.7. Если проектируемые источники не заданы, то ставить в п. 2.2.5.2 – *ноль*.

Практическая работа № 4

Разработка проекта нормативов допустимых сбросов

Цель работы: изучить методику разработки проекта нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты и научиться применять ее на практике.

1. Общие сведения

Данная работа разработана на основании инструкции о порядке установления нормативов допустимых сбросов (ДС) химических и иных веществ в водные объекты [9], которая определяет порядок установления нормативов (временных нормативов) допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты в составе сточных, дренажных карьерных вод и поверхностных стоков.

Нормативы ДС устанавливаются областными и Минским городским комитетами природных ресурсов и охраны окружающей среды в разрешениях на специальное водопользование в соответствии [9] для каждого проектируемого и действующего выпусков отводимых вод с целью обеспечения установленных нормативов качества воды в водных объектах. Для целей установления нормативов ДС водные объекты разделяются на следующие виды: *рыбохозяйственный, хозяйственно-питьевой, культурно-бытовой*.

При сбросе загрязняющих веществ в составе отводимых вод в хозяйственно-питьевые и культурно-бытовые водотоки нормативы качества водотоков должны обеспечиваться в контрольном створе, расположенном на расстоянии одного километра выше ближайшего по течению водозабора для питьевого, хозяйственно-бытового водоснабжения, мест купания, организованного отдыха или территории населенного пункта. При сбросе загрязняющих веществ в составе отводимых вод в рыбохозяйственные водотоки нормативы качества воды водотоков должны обеспечиваться на протяжении всего водного объекта или его участка, начиная с контрольного створа, расположенного на расстоянии не далее 500 метров ниже выпуска отводимых вод.

В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных целей к составу и свойствам воды водного объекта предъявляются наиболее жесткие нормативы качества воды водного объекта.

Если показатели качества и концентрации загрязняющих веществ в воде водного объекта в фоновом створе превышают установленные нормативы качества воды водного объекта, то нормативы ДС по этим показателям качества и концентрациям загрязняющих ве-

ществ устанавливаются исходя из применения к отводимым водам нормативов качества воды водного объекта.

В случае сброса загрязняющих веществ в составе отводимых вод в озеро нормативы ДС устанавливаются исходя из применения к отводимым водам природных показателей качества и концентраций веществ в воде озера, установленных на основании данных мониторинга поверхностных вод или научных исследований.

В случае сброса загрязняющих веществ в составе отводимых вод в водный объект в границе населенного пункта допустимые концентрации загрязняющих веществ отводимых вод, принимаемые для расчета нормативов ДС, не должны превышать нормативы качества воды культурно-бытового водного объекта, если для этого водного объекта не применяются более жесткие нормативы качества воды.

Нормативы ДС устанавливаются для каждого нормируемого загрязняющего вещества с учетом вида водного объекта, нормативов качества воды водного объекта, фоновой концентрации нормируемых загрязняющих веществ, ассимилирующей способности водного объекта, за исключением загрязняющих веществ в составе отводимых в водотоки городских сточных вод и близких к ним по составу производственных сточных вод по показателю биохимического потребления кислорода в течение пяти суток (BPK_5), показателю химического потребления кислорода, взвешенным веществам, аммоний-иону (в пересчете на азот), азоту общему (в пересчете на азот), фосфору общему (в пересчете на фосфор), нормативы ДС которых устанавливаются независимо от фоновой концентрации и запаса ассимилирующей способности водотока исходя из допустимых концентраций.

Нормативы ДС для выпусков дождевой канализации устанавливаются для каждого из двух периодов: теплый период года и холодный период года. В случае отведения в водный объект посредством дождевой канализации, кроме поверхностного стока, сточных и (или) дренажных, карьерных (шахтных, рудничных) вод нормативы ДС устанавливаются для каждой категории отводимых вод.

Нормативы ДС определяются как произведение максимального часового, среднего суточного, годового расхода отводимых вод, в том числе отводимых посредством дождевой канализации иных категорий вод, на допустимую концентрацию.

Нормативы ДС загрязняющих веществ в составе поверхностного стока определяются как произведение объема отводимых вод за теплый и холодный периоды года, рассчитанного исходя из среднего многолетнего слоя осадков за теплый и холодный периоды года, на допустимую концентрацию.

В случае, если фактические концентрации загрязняющих веществ в составе отводимых вод меньше расчетных допустимых кон-

центраций, нормативы ДС устанавливаются исходя из расчетных допустимых концентраций загрязняющих веществ в составе отводимых вод. В случае, если фактические концентрации загрязняющих веществ в составе отводимых вод превышают допустимые концентрации, то на период выполнения водопользователем мероприятий по снижению сброса загрязняющих веществ в составе отводимых вод с целью достижения расчетных нормативов допустимых сбросов областные и Минский городской комитеты природных ресурсов и охраны окружающей среды могут устанавливать временные нормативы ДС.

2. Исходные данные для расчета нормативов допустимых сбросов и допустимых концентраций загрязняющих веществ

Исходными данными для расчета нормативов допустимых сбросов и временных нормативов допустимых сбросов являются:

характеристика водного объекта в районе выпуска отводимых вод, являющегося приемником загрязняющих веществ в составе отводимых вод;

характеристика отводимых вод (расход, объем, показатели качества и концентрации загрязняющих веществ в отводимых водах, режим водоотведения);

характеристика отводимых вод вторичных водопользователей (абонентов) в систему коммунальной канализации, в том числе дождевой (расходы, объемы, режим водоотведения, показатели качества и концентрации загрязняющих веществ);

характеристика действующих очистных сооружений;

показатели качества и концентрации загрязняющих веществ исходной (свежей) воды, используемой водопользователем в системе водоснабжения;

технико-экономические показатели реализованных и планируемых водопользователем водоохраных мероприятий.

При расчете нормативов ДС и временных нормативов ДС расходы и объемы отводимых вод принимаются по данным первичного учета водопользователя, значения показателей качества и концентраций загрязняющих веществ в составе отводимых вод – по данным результатов испытаний проб отводимых вод (средневзвешенные значения показателей за предыдущие 5 лет), выполненных аккредитованными лабораториями.

Для определения кратности разбавления отводимых вод, исключая поверхностный сток, с водой водотока в контрольном створе расход воды на незарегулированных водотоках принимается равным минимальному среднемесячному расходу года 95% обеспеченности, на зарегулированных водотоках – равным установленному гарантиро-

ванному расходу ниже плотины (санитарному попуску) с учетом исключения возможных обратных течений в нижнем бьефе.

Фоновые значения показателей качества и концентраций загрязняющих веществ в воде водного объекта, гидрометрических и гидрологических характеристиках водного объекта принимаются по данным государственной гидрометеорологической службы.

3. Методика расчета

Норматив допустимого сброса i -го загрязняющего вещества в составе отводимых вод в водный объект, за исключением поверхностного стока, определяется по формуле

$$ДС_i = q \cdot C_{ДС_i}, \quad (4.1)$$

где $ДС_i$ – норматив допустимого сброса i -го загрязняющего вещества, кг/ч, (т/сутки, т/год);

q – максимальный часовой ($м^3/ч$), либо средний суточный расход ($м^3/сут$) или годовой объем отводимых вод ($м^3/год$);

$C_{ДС_i}$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/дм³ ($1 \text{ дм}^3 = 1 \text{ литр} \approx 1 \text{ кг}$; $1 \text{ мг/дм}^3 = 10^{-3} \text{ кг/м}^3 = 10^{-6} \text{ т/м}^3$).

Допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества определяется:

$$C_{ДС_i} = n \cdot (0,8 C_{ПДК_i} - C_{\phi_i}) + C_{ПДК_i}, \quad (4.2)$$

где $C_{ПДК_i}$ – предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде водотока, мг/дм³ (см. табл. 4.1);

C_{ϕ_i} – фоновая концентрация i -го вещества в воде водотока выше выпуска отводимых вод, мг/дм³;

n – кратность разбавления отводимых вод в водотоке, служащем приемником загрязняющих веществ в составе отводимых вод (далее – водоток).

Кратность разбавления отводимых вод в водотоке определяется:

$$n = \frac{q + k_{см} \cdot Q}{q}, \quad (4.3)$$

где q – расход отводимых вод, м³/с;

Q – расход водотока, м³/с;

$k_{см}$ – коэффициент смешения отводимых вод с водой водотока.

Примечание: В случае, если величина отношения расхода отводимых вод к расходу водотока менее 0,0025, кратность разбавления принимается равной 0,5. В случае, если величина отношения расхода отводимых вод к расходу водотока более 0,1, допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества принимается равной нормативу предельно допустимой концентрации загрязняющего вещества в воде водотока с коэффициентом 0,8.

Таблица 4.1

Показатели качества воды и нормативы ПДК химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов

Показатели и ингредиенты	Лимитирующий показатель вредности	Критерии ПДК, мг/дм ³
рН	–	не должен выходить за пределы 6,5–8,5
Запахи, привкусы	–	вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мясу рыбы
Растворенный кислород	–	в зимний (подледный) период – не менее 4 мгО ₂ /дм ³ в летний период – не менее 6 мгО ₂ /дм ³
Жесткость	–	до 7 мг-экв/дм ³
Минерализация	–	не более 1000 мг/дм ³
ХПК _{Cr}	–	в зонах рекреации – до 30 мгО ₂ /дм ³
БПК полн.	–	не более 3,0 мгО ₂ /дм ³
Азот аммонийный	токсикологический	0,39
Азот нитритный	токсикологический	0,024
Азот нитратный	санитарно-токсикологический	9,03
Фосфаты	санитарный	0,066 (по Р)
Фосфор общий	токсикологический	0,2
Железо общее	токсикологический	0,1 мг/дм ³ к природному естественному фону
Медь	токсикологический	0,001 мг/дм ³ к природному естественному фону
Марганец	токсикологический	0,01 мг/дм ³ к природному естественному фону
Цинк	токсикологический	0,01 мг/дм ³ к природному естественному фону
Никель	токсикологический	0,01
Хром общ.	токсикологический	0,005
Хром трехвалентный	токсикологический	0,005
Хром шестивалентный	санитарно-токсикологический	0,001
Свинец	токсикологический	0,1
Кобальт	токсикологический	0,01
Кадмий	токсикологический	0,005
Молибден	токсикологический	0,0012 (к природному содержанию)
СПАВ	токсикологический	0,1
Нефтепродукты	рыбохозяйственный	0,05

Коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода водотока смешивается с отводимыми водами в максимально загрязненной струе контрольного створа, рассчитывается по формуле

$$K_{cm} = \frac{1 - e^{(-k_{zy} \cdot \sqrt[3]{L})}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{(-k_{zy} \cdot \sqrt[3]{L})}}, \quad (4.4)$$

где L – расстояние от выпуска отводимых вод до контрольного створа по фарватеру водотока, метров; $e=2,7182$ – основание натурального логарифма; k_{zy} – коэффициент, учитывающий гидравлические условия в водотоке, $m^{-1/3}$.

Коэффициент, учитывающий гидравлические условия в водотоке, определяется:

$$k_{zy} = k_{изв} \cdot k_{вып} \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad m^{-1/3}, \quad (4.5)$$

где $k_{изв}$ – коэффициент извилистости (отношение расстояния от места выпуска отводимых вод в водоток до контрольного створа по фарватеру водотока к расстоянию по прямой);

$k_{вып}$ – коэффициент, зависящий от выпуска сточных вод (при выпуске у берега $k_{вып} = 1$, при выпуске в стрежень реки $k_{вып} = 1,5$);

q – расход отводимых вод, m^2/c ;

D – коэффициент турбулентной диффузии, m^2/c .

Коэффициент турбулентной диффузии определяется:

$$D = \frac{g \cdot v \cdot H}{37 \cdot n_{ш} \cdot c^2}, \quad (4.6)$$

где $g = 9,81 m/c^2$ – ускорение свободного падения;

v – средняя скорость течения водотока, m/c ;

$n_{ш}$ – коэффициент шероховатости ложа водотока;

c – коэффициент Шези, $m^{1/2}/c$; H – средняя глубина водотока, m .

Норматив допустимого сброса i -го загрязняющего вещества в составе поверхностного стока (далее – стока), отводимого в водный объект, определяется по формуле

$$ДС_{Pi} = (C_{дci}^д \cdot W_д + W_т \cdot C_{дci}^т) \cdot 10^{-6}, \quad т/год, \quad (4.7)$$

где $W_д = 10 \cdot h_д \cdot k_д \cdot F$ – объем отводимых вод за теплый период года, m^3 ;

$h_д$ – среднегодовое количество осадков за теплый период года, mm ;

F – площадь водосбора, $га$; ($1 га = 10^4 m^2$).

$k_д$ – коэффициент стока дождевых вод (средневзвешенный для всей площади водосбора – определяется по таблице 4.2);

$W_т = 10 \cdot h_т \cdot k_т \cdot F$ – объем отводимых вод за холодный период года, m^3 ;

$h_т$ – среднегодовое количество осадков за холодный период года, mm ;

F – площадь водосбора, $га$;

k_T – коэффициент стока талых вод, принимаемый для расчета 0,6;
 $C_{дсi}^д$, $C_{дсi}^т$ – допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в теплый и холодный периоды года соответственно, мг/дм³ (определяется по формуле (4.2)).

Таблица 4.2

Средние значения коэффициента стока в зависимости от рода поверхности

№ п/п	Поверхность	Коэффициент стока
1	Кровля зданий и сооружений, асфальтобетонные покрытия дорог	0,95
2	Брусчатые мостовые и черные щебеночные покрытия дорог	0,6
3	Булыжные мостовые	0,45
4	Щебеночные покрытия	0,4
5	Гравийные садово-парковые дорожки	0,3
6	Грунтовые поверхности (спланированные)	0,2
7	Газоны	0,1

Допустимая концентрация органических веществ, выраженных по показателю биохимического потребления кислорода в течение 5 суток $БПК_5$, рассчитывается с учетом неконсервативности загрязняющего вещества по формуле

$$L_{дс} = n \cdot (L_{пдк} \cdot e^{-k_0 t} - L_{\phi}) + L_{\phi}, \quad (4.8)$$

где $L_{дс}$ – допустимая концентрация органических веществ, выраженная по показателю биохимического потребления кислорода в течение 5 суток $БПК_5$, мг O_2 /дм³;

$L_{пдк}$ – норматив предельно допустимой концентрации органических веществ, выраженный по показателю биохимического потребления кислорода в течение 5 суток $БПК_5$, воды водотока, мг O_2 /дм³ (см. табл. 4.1);
 n – кратность разбавления отводимых вод в водотоке, рассчитываемая по формуле (4.3);

L_{ϕ} – фоновая концентрация органических веществ, выраженная по показателю биохимического потребления кислорода в течение 5 суток $БПК_5$, воды водотока, мг O_2 /дм³;

k_0 – осредненное значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обуславливающих фоновую концентрацию органических веществ, выраженную по показателю биохимического потребления кислорода в течение 5 суток $БПК_5$, в водотоке и концентрация $БПК_5$ отводимых вод, зависящего от температуры смеси отводимых вод и водотока, 1/сутки, принимается по таблице 4.3;

t – время протекания отводимых вод от места выпуска до контрольно-го створа, суток.

Время протекания отводимых вод от выпуска отводимых вод в водные объекты до контрольного створа определяется:

$$t = \frac{L}{v_p} \cdot \frac{1}{3600 \cdot 24}, \text{ суток}, \quad (4.9)$$

где L – расстояние от выпуска отводимых вод до контрольного створа по фарватеру, m ;

v_p – скорость течения воды в водотоке, m/c .

Таблица 4.3

Осредненное значение коэффициента неконсервативности органических веществ в зависимости от температуры

Температура воды, °С	0	5	10	15	20	25	30
$k_0, 1/\text{сутки}$	0,04	0,05	0,063	0,08	0,10	0,126	0,158

4. Порядок оформления практической работы

- 4.1 Название работы.
- 4.2 Цель работы.
- 4.3 Условие задания.
- 4.4 Ход работы (решение задачи).
- 4.5 Вывод.

5. Контрольные вопросы к практической работе

- 5.1 Для чего устанавливаются нормативы допустимых сбросов?
- 5.2 На какие виды подразделяются водные объекты?
- 5.3 На каком расстоянии от створа до ближайшего по течению водозабора должны обеспечиваться нормативы качества водотоков?
- 5.4 Перечислите исходные данные для расчета нормативов ДС.
- 5.5 Как определяется норматив ДС i -го загрязняющего вещества в составе отводимых вод в водный объект?
- 5.6 Как определяется допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества?
- 5.7 Как определяется кратность разбавления отводимых вод?
- 5.8 Как определяется допустимая концентрация органических веществ, выраженных по БПК₅?

6. Варианты заданий к практической работе (табл. 4.4–4.6)

Принять во всех вариантах фоновая концентрация $C_{phi} = 0,1 C_{ПДК}$ ($L_{phi} = 0,1 L_{ПДК}$), число часов работы предприятия в – год 4200.

Задание А (варианты 1–10)

Определить норматив допустимого сброса (часовой и годовой) для каждого из группы веществ (ГВ) № в составе отводимых (сточных) вод в *рыбохозяйственный* водный объект, если расход воды в водотоке – Q , м³/с, максимальный часовой расход отводимых вод – q , м³/ч, коэффициент смешения отводимых вод с водой водотока – $K_{см}$.

Таблица 4.4

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГВ №	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Q , м ³ /с	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
q , м ³ /ч	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,4	2	2,2	2,8
$K_{см}$	0,0001	0,0002	0,0004	0,0010	0,0028	0,0039	0,0028	0,0020	0,0019

ГВ № 1: азот аммонийный, медь, никель, нефтепродукты;

ГВ № 2: азот нитритный, фосфаты, марганец; хром трехвалентный;

ГВ № 3: железо, свинец, кобальт, кадмий.

Задание Б (варианты 10–19)

Используя исходные данные задания А, определить годовой норматив допустимого сброса для каждого из группы веществ (ГВ) № в составе поверхностного стока, отводимого в *рыбохозяйственный* водный объект. Площадь водосбора – F , га; среднемноголетний слой осадков за периоды года: теплый – $h_{д}$, мм и холодный – $h_{т}$, мм. Тип поверхности водосбора (согласно табл. 4.2): 1 (50%); 2 (20%); 4 (10%); 5 (10%); 7 (10%).

Таблица 4.5

Варианты заданий

Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ГВ №	1	2	3	1	2	3	1	2	3	2
F , га	100	140	180	220	260	300	340	380	420	450
$h_{д}$, мм	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580
$h_{т}$, мм	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380

Задание В (варианты 20–29)

Определить допустимую концентрацию органических веществ, выраженных по показателю БПК₅, сбрасываемых с температурой T , °С в *рыбохозяйственный* водоем. Кратность разбавления отводимых вод в водотоке – n ; расстояние от выпуска отводимых вод до контрольного створа по фарватеру – L , м; скорость течения воды в водотоке – v_p , м/с.

Таблица 4.6

Варианты заданий

Вариант	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
T , °С	0	5	10	15	20	25	30	5	10	15
n	0,5	0,5	0,5	1	1	2	2	2	3	3
L , м	2500	2000	1500	1300	1100	900	800	700	600	500
v_p , м/с	0,30	0,24	0,22	0,12	0,15	0,18	0,20	0,10	0,08	0,05

Практическая работа № 5

Мониторинг качества поверхностных вод

Цель работы: изучить методы оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим и гидробиологическим показателям.

1. Общие сведения

В рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь характеристика качества поверхностных вод проводится по гидрохимическим и гидробиологическим показателям [10]. Периодичность наблюдений на стационарной сети мониторинга поверхностных вод регламентируется ГОСТ 17.1.3.07-82 «Правила контроля качества воды водоемов и водотоков». В большинстве пунктов, расположенных на реках, отбор проб осуществляется выше и ниже источников загрязнения.

Оценка качества и оценка уровня загрязнения поверхностных вод по результатам гидрохимического мониторинга проводятся с использованием:

- утвержденных критериев оценки (показателей качества воды и нормативов предельно допустимых концентраций (*ПДК*);
- химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов;
- интегральных показателей качества – индекса загрязненности вод (*ИЗВ*);
- показателя превышений *ПДК* от общего числа определений (повторяемость концентраций выше 1,0 *ПДК* по конкретному веществу или по сумме ингредиентов);
- экологических показателей (величин *БПК₅*, концентраций аммонийного азота, фосфатов и нитратов в реках, общего фосфора и азота в озерах).

Оценка качества поверхностных вод по результатам гидробиологического мониторинга проводится с помощью методов биоиндикации, основывающихся на изучении структуры гидробиоценозов и их отдельных компонентов. В системе гидробиологического мониторинга фактически для всех сообществ определяются такие показатели, как:

- таксономический состав, включая виды-индикаторы;
- численность и биомасса сообществ, доминирующих групп и массовых видов гидробионтов.

Для биоиндикации поверхностных вод с помощью планктонных сообществ и водорослей обрастания используется метод сапробиологического анализа Пантле и Букка в модификации Сладечека. Оценка качества среды посредством анализа донных сообществ производится

с использованием общепринятых методов биотических индексов (по видовому разнообразию и показательным значениям таксонов) и Гуднайта–Уитлея (по относительной численности олигохет).

Общая оценка класса качества поверхностных вод и донных отложений в каждом конкретном случае дается по совокупности гидробиологических показателей с учетом экологических особенностей водных гидробиоценозов. Оценка качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1

**Классификация качества поверхностных вод
по гидробиологическим показателям**

Класс качества воды*	Степень загрязнения воды	По фитопланктону, зоопланктону, фитоперифитону	По зообентосу	
		Индекс сапробности по Пантле и Букку (в модификации Сладечека)	Отношение общей численности олигохет к общей численности донных организмов, % (индекс Гуднайта–Уитлея)	Биотический индекс по Вудивиссу, баллы
I	очень чистые	менее 1,00	1–20	10
II	чистые	1,00–1,50	21–35	7–9
III	умеренно загрязненные	1,51–2,50	36–50	5–6
IV	загрязненные	2,51–3,50	51–65	4
V	грязные	3,51–4,00	66–85	2–3
VI	очень грязные	более 4,00	86–10, или макрозообентос отсутствует	0–1

*Допускается оценивать класс чистоты воды и как промежуточный между вторым и третьим (II–III), третьим и четвертым (III–IV), четвертым и пятым (IV–V).

2. Исходные данные для расчета интегрального показателя качества загрязненности вод и расчет биотического индекса

В основе определения *ИЗВ* лежат среднегодовые концентрации шести ингредиентов: растворенного кислорода, легкоокисляемых органических веществ (по *БПК₅*), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора фосфатов и нефтепродуктов. Степень загрязненности поверхностных вод оценивается по нормам качества воды водоемов и водотоков для условий хозяйственно-питьевого, коммунального и рыбохозяйственного водопользования. При полифункциональном ис-

пользовании водного объекта (или его участка) расчет *ИЗВ* производится из приоритета наиболее жестких норм. Нормативы *ПДК* химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов представлены в таблице 4.1.

Расчет биотического индекса по Вудивиссу основан на анализе проб зообентоса. Отбор проб зообентоса с целью качества вод осуществляют в местах постоянных гидробиологических наблюдений и обычно приуроченных к стационарным гидрохимическим створам. Отбор, разбор, фиксацию и этикетирование бентосных проб проводят по стандартным методикам [11]. Для каждой пробы определяют видовой состав организмов макрозообентоса.

3. Методика расчета

Расчет интегрального показателя качества загрязненности вод производят по формуле:

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (5.1)$$

где C_i – концентрация i -го показателя,
 $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация по i -му показателю.

Два показателя – растворенный кислород и $БПК_5$ – являются обязательными, остальные четыре (азот аммонийный, азот нитритный, фосфор фосфатов и нефтепродукты) – выбираются исходя из приоритетности превышения *ПДК*.

Классификация качества вод по величине *ИЗВ* приведена в таблице 5.2

Таблица 5.2

Классификация качества вод по величине *ИЗВ*

Класс качества	Величина <i>ИЗВ</i>	Характеристика качества
I	менее или равно 0,3	чистая
II	более 0,3–1,0	относительно чистая
III	более 1,0–2,5	умеренно загрязненная
IV	более 2,5–4,0	загрязненная
V	более 4,0–6,0	грязная
VI	более 6,0–10,0	очень грязная
VII	более 10,0	чрезвычайно грязная

Определение класса чистоты воды по биотическому индексу производится по таблице 5.3, в которой показана наиболее часто наблюдаемая последовательность исчезновения животных из биоценозов по мере увеличения загрязнения: в 3-м столбце выбирают нужную

строку в зависимости от обнаруженных индикаторных организмов; в 4-м столбце выбирают обнаруженное количество «групп» гидробионтов. На пересечении выбранной строки и столбца получают биотический индекс, выражаемый количественно в баллах.

После оценки данных по методу Вудивисса и получении определенного значения биотического индекса производят оценку класса качества воды по таблице 5.1.

Таблица 5.3

Биотический индекс р. Трент

Чистая вода	Наличие индикаторных групп	Количество видов индикаторных групп	Биотический индекс по наличию общего числа групп ³				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16+
1	2	3	4				
Организмы, которые имеют тенденцию исчезать при повышении уровня загрязнения	Личинки веснянок имеются	Больше одного вида	-	7 6 6	8	9	10 9
		Только один вид	-	5 5 4	7	8	9
	Личинки поденок имеются	Больше одного вида ¹	-	4	7	8	8
		Только один вид ¹	-		6	7	8
	Личинки ручейников имеются	Больше одного вида ²	-		6 5	7 6	7
		Только один вид ²	4	3 2	5	6	7
	Gammaeus имеются	Все вышеуказанные виды отсутствуют	3				
					4	5	6
	Asellus имеются	То же	2	1	3	4	-
	Тубифициды и (или) личинки мотыля имеются	То же	1				
				2	-	-	
	Все вышеуказанные типы отсутствуют	Возможно наличие некоторых организмов, не требующих растворенного кислорода, например Eristalis	0				

Примечание:

¹За исключением *Baetis rhodani*.

²*Baetis rhodani* (поденка) включается только для классификации.

³Понятие «группа» определяет границы определения, достигаемые без трудоемких таксономических исследований.

Эти группы следующие:

Все известные виды плоских червей (*Plathelminthes*).

Черви (*Annelida*) (исключая род *Nais*).

Род *Nais* (черви).

Все известные виды пиявок (*Hirudinea*).
Все известные виды моллюсков (*Mollusca*).
Все известные виды ракообразных (креветки).
Все известные виды веснянок (*Plecoptera*).
Все известные виды поденок (*Ephemeroptera*) исключая *Baetis rhodani*.
Поденка *Baetis rhodani*.
Все семейства ручейников (*Trichoptera*).
Все виды личинок вислокрылок (*Megaloptera*).
Семейство *Chironomidae* (личинки звонцов), кроме *Chironomus Ch.thummi*.
Личинки комаров-дергунов (*Chironomus Ch. thummi*).
Семейство *Simulidae* (личинки мошек).
Все известные виды других личинок мух.
Все известные виды *Coleoptera* (жуки и их личинки).
Все известные виды водяных клещей (*Hydracarnia*).
Все известные виды клопов (*Hemiptera*).

4. Порядок оформления практической работы

- 4.1 Название работы.
- 4.2 Цель работы.
- 4.3 Условие задания.
- 4.4 Ход работы (выполнение задания).
- 4.5 Выводы.

5. Контрольные вопросы к практической работе

- 5.1 По каким показателям проводится оценка загрязненности поверхностных вод при проведении мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь?
- 5.2 Какие критерии лежат в основе оценки качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям?
- 5.3 Какие критерии лежат в основе оценки качества поверхностных вод по гидрохимическим показателям?
- 5.4 Какие ингредиенты лежат в основе расчета интегрального показателя качества загрязненности вод?
- 5.5 Нормативы какой категории объекта водопользования используют при расчете *ИЗВ* для водоема с полифункциональным использованием?

6. Варианты заданий к практической работе (таблицы 5.4, 5.5)

Задание А (варианты 1–10)

Рассчитать *ИЗВ* и оценить класс качества воды водотока при условии рыбохозяйственного водопользования. Построить график, отражающий динамику *ИЗВ* за десять лет.

Таблица 5.4

Варианты заданий

Вариант (годы)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бихроматная окисляемость, мг O ₂ /л	19,500	34,000	31,700	14,800	18,9	27,8	26,2	29,0	37,4	36,8
БПК ₅ , мг O ₂ /л	2,130	2,570	2,130	1,990	2,39	2,58	3,10	2,79	2,57	2,86
Азот аммонийный, мг/л	0,420	0,880	0,500	0,430	0,63	0,57	0,62	0,31	0,48	0,36
Азот нитритный, мг/л	0,021	0,012	0,010	0,010	0,09	0,024	0,031	0,016	0,04	0,01
Фосфаты, мгP/л	0,016	0,014	0,009	0,017	0,05	0,026	0,019	0,025	0,03	0,09
Нефтепродукты, мг/л	0,100	0,050	0,030	0,020	0,04	0,03	0,01	0,02	0,2	0,15

Задание Б (варианты 11–20)

Определить биотический индекс Вудивисса воды, содержащей группы гидробионтов (ГБ) №№, и на основе данного показателя указать класс качества воды.

Таблица 5.5

Варианты заданий

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ГБ №№	2, 3, 12, 13	8, 10, 11, 20	20	1, 3, 5, 6, 9	13, 14, 17, 18	2, 3, 18, 19	16	5, 8, 12, 17, 18, 19	14, 15, 16	5, 8, 10, 16, 17

ГБ №:

1. Личинки веснянок – один вид.
2. Личинки веснянок – больше одного вида.
3. Личинки поденок – два вида, включая *Baetis rhodani*.
4. *Baetis rhodani*.
5. Плоские черви – один вид.
6. Черви (Annelida) – включая род *Nais*.
7. Род *Nais*.
8. Пиявки – один вид.
9. Пиявки (Hirudinea): *Herpobdella octoculata*, *Haemopsis sanguisuga*, *Helobdella stagnalis*.
10. Моллюски (Mollusca): *Planorbis corneus*, *Unio crassus*, *Unio pictorum*, *Unio tumidus*.
11. Личинки ручейников (Trichoptera): *Molanna angustata*, *Limnophilus vitatus*.
12. Личинки ручейников (Trichoptera) – один вид.
13. Вислокрылок (Megaloptera) – больше одного вида.
14. Семейство Chironomidae (личинки звонцов) – больше одного вида, кроме *Chironomus Ch.thummi*.
15. Личинки комаров-дергунов *Chironomus Ch. Thummi* – один вид.
16. Семейство Simuliidae (личинки мошек) – больше одного вида.
17. Личинки Coleoptera – больше одного вида.
18. Водяные клещи (Hydracarnia) – один вид.
19. Клопы (Hemiptera) – один вид.
20. Личинки мотыля – тубифициды.

Практическая работа № 6

Оценка электромагнитного загрязнения окружающей среды

Цель работы: изучить методику расчета основных параметров электромагнитного загрязнения окружающей среды.

1. Общие сведения

Электромагнитное загрязнение – это физическое загрязнение окружающей среды, которое входит в число наиболее актуальных проблем человечества. Каждый день мы включаем микроволновую печь, говорим по мобильному телефону, ездим в метро, работаем за компьютером, не задумываясь о том, что каждое из этих технических изобретений оказывает на нас свое негативное воздействие.

В больших городах наблюдается наиболее высокая степень концентрации электромагнитных полей. Это могут заметить автомобилисты, у которых в машинах есть так называемые антирадары, которые по своей сути являются индикаторами сверхвысоких частот (СВЧ) поля. Некоторые модели антирадаров дают сигнал при отсутствии поста Госавтоинспекции (ГАИ). Это означает лишь то, что зафиксирован повышенный уровень электромагнитных потоков.

Сигналы о повышенном уровне загрязненности электромагнитными волнами можно также получить без помощи специальной техники. Люди, страдающие заболеваниями сердечно-сосудистой системы, лучше других знают, где загрязнение повышено. Например, в вагоне метро. Ученые предполагают, что низкочастотные поля, сопровождающие нас в метрополитене, провоцируют обострение сердечно-сосудистых заболеваний. Низкочастотные (НЧ) электромагнитные поля (ЭМП) могут также способствовать развитию женского бесплодия.

Мощным генератором вредного излучения является компьютер, за которым многие люди проводят большую часть своего дня. Излучателями в данном случае являются и процессор, и монитор. Излучение последнего намного выше, особенно его боковые и задние стенки, ведь они не имеют специального защитного покрытия, как у лицевой части монитора. Защитить свое здоровье в этом случае несложно. Достаточно выходить на прогулки и делать перерывы в работе.

Мобильный телефон также является излучателем, при работе которого принято выделять два эффекта: термический (то есть тепловой) и нетермический. Тепловой эффект проявляется, когда электромагнитная энергия поглощается организмом и преобразуется в тепло. От этого можно наблюдать нагревание некоторых органов, например, уха, от долгого разговора. Но, учитывая непосредственную близость телефона к голове, некоторые участки мозга также нагреваются. Не-

термический эффект проявляется в том, что НЧ излучение телефона влияет на собственную биоэлектрическую активность головного мозга, что может привести к нарушению его функций. Для людей, окружающих говорящего по мобильному телефону, никакого вреда от ЭМП нет. Простой способ обезопасить себя от негативного воздействия мобильного телефона – использовать гарнитуру. Также не стоит пользоваться мобильным телефоном без особой необходимости и разговаривать непрерывно более 3–4 минут.

Чтобы технический прогресс не стал из помощника врагом, следует соблюдать некоторые правила и разумно использовать технические новшества. Допустимые уровни электромагнитного излучения отражаются в нормативах, которые устанавливают государственные компетентные органы, в зависимости от диапазона ЭМП или электромагнитных излучений (ЭМИ).

2. Методика расчета

2.1 Энергия, масса и импульс фотона

Энергия фотона. Фотон несет с собой порцию энергии, равную произведению постоянной Планка на частоту. Для определения энергии фотона используется следующая формула:

$$E_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (6.1)$$

где $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – постоянная Планка;

$\lambda = c/\nu$ – длина электромагнитного излучения, м;

$\nu = c/\lambda$ – частота электромагнитного излучения, с⁻¹ (герц);

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость электромагнитных волн в вакууме.

Согласно теории относительности энергия всегда может быть вычислена как произведение массы фотона на квадрат скорости электромагнитных волн в вакууме:

$$E_{\phi} = mc^2. \quad (6.2)$$

Масса покоя фотона равна нулю, но энергия фотона не равна нулю. Отсюда – масса фотона:

$$M = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c}. \quad (6.3)$$

Импульс фотона. В вакууме импульс фотона зависит только от его частоты (или, что эквивалентно, от длины волны):

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}. \quad (6.4)$$

2.2 Частота ЭМИ

Частота, соответствующая коротковолновой границе сплошного рентгеновского спектра, определяется из равенства произведения постоянной Планка, умноженной на частоту ЭМИ, и произведения заряда электрона на напряжение:

$$h\nu_0 = eU. \quad (6.5)$$

2.3 Объемная плотность энергии ЭМП

Объемная плотность энергии ЭМП вычисляется по формуле:

$$w = w_E + w_H, \quad (6.6)$$

где $w_E = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 \cdot E^2}{2}$ – объемная плотность энергии электрического поля, Дж/м³; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; ε – относительная диэлектрическая проницаемость вещества (безразмерная); E – напряженность электрического поля, В/м;

$w_H = \frac{\mu\mu_0 \cdot H^2}{2}$ – объемная плотность энергии магнитного поля; Дж/м³; $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость вещества; H – напряженность магнитного поля, А/м.

В электромагнитной волне происходят взаимные превращения электрического и магнитного полей. Эти процессы идут одновременно – электрическое и магнитное поля выступают как равные. Поэтому объемные плотности электрической и магнитной энергии равны друг другу: $w_E = w_H$, тогда формулу (6.6) можно записать в виде:

$$w = \varepsilon\varepsilon_0 \cdot E^2 = \mu\mu_0 \cdot H^2. \quad (6.7)$$

Таким образом, из формулы (6.7) можно выразить связь между мгновенными значениями напряженностей электрического E и магнитного H полей электромагнитной волны:

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} \cdot E = \sqrt{\mu\mu_0} \cdot H. \quad (6.8)$$

2.4 Плотность потока электромагнитной энергии

Плотность потока электромагнитной энергии (ППЭ) есть баланс энергии, переносимой электромагнитной волной. ППЭ определяется как векторное произведение напряженностей электрического и магнитного полей и называется *вектором Умова–Пойнтинга*:

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}, \text{ Вт/м}^2 \quad (6.9)$$

2.5 Пример расчета 1

При работе СВЧ-печи мощностью $P_0=1\text{кВт}$ на внешнее излучение уходит $\eta=10\%$ ее мощности, определить безопасное расстояние (r), на котором можно находиться от СВЧ-печи, если при малой продолжительности работы предельная допустимая плотность потока энергии не более $S_0=1\text{мВт/см}^2$. При расчетах СВЧ-печь считать за точечный источник [12].

Решение:

1) Переводим единицы измерения физических величин, данных в условии, в систему СИ:

$$P_0 = 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт}; S_0 = 1 \text{ мВт/см}^2 = 10 \text{ Вт/м}^2; \eta = 10\% = 0,1 \text{ (в долях)}.$$

2) Для точечного источника излучения плотность потока энергии (ППЭ) на расстоянии r может быть определена по формуле:

$$S_r = \frac{\eta P_0}{4\pi r^2}. \quad (6.10)$$

3) Находиться около источника можно только на расстояниях, на которых модуль вектора излучения Умова–Пойтинга (ППЭ) будет меньше, чем предельная допустимая плотность потока энергии, т.е. $S_r < S_0$, тогда с учетом формулы (6.10) можно записать:

$$\frac{\eta P_0}{4\pi r^2} < S_0 \Rightarrow r > r_0 = \sqrt{\frac{\eta P_0}{4\pi S_0}}.$$

После подстановки исходных данных получим:

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,1 \cdot 10^3}{4 \cdot 3,14 \cdot 10}} = 0,892 \text{ м}.$$

Ответ: находиться можно только на расстояниях, больших, чем $r > r_0 = 0,89 \text{ м}$.

Если S_0 не дано, то оно определяется согласно Санитарным правилам и нормам (СанПиН) 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 «Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)» [13] в зависимости от продолжительности воздействия по таблице 6.1.

Таблица 6.1

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц

	Продолжительность воздействия $T, \text{ч}$					
	2	1,5	1,0	0,5	0,25	$\leq 0,2$
ППЭнду, мкВт/см ²	100	133	200	400	800	1000

2.6 Пример расчета 2

Концентрации электронов слоя ионосферы Земли составляет ночью $N_e = 2 \cdot 10^5 \frac{1}{\text{см}^3} = 2 \cdot 10^{11} \frac{1}{\text{м}^3}$. Определить, какие электромагнитные волны отражаются от F-слоя ионосферы Земли ночью.

Решение:

1) *F*-слой ионосферы представляет собой плазменный слой с концентрацией электронов, которая меняется в зависимости от времени суток. Диэлектрическая проницаемость плазмы равна:

$$\varepsilon = 1 - \left(\frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 = 1 - \frac{e^2 N_e}{m \cdot \omega^2 \cdot \varepsilon_0}, \quad (6.11)$$

где N_e – концентрация заряженных частиц, $\frac{1}{\text{см}^3}$ ($\frac{1}{\text{м}^3}$);

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд электрона; ω – круговая частота излучения.

2) При увеличении концентрации электронов или уменьшении частоты диэлектрическая проницаемость уменьшается. При диэлектрической проницаемости ε , меньше нуля, электромагнитные волны затухают и отражаются от границы с $\varepsilon = 0$. Электромагнитные волны отражаются от границы слоя ($\varepsilon = 0$), если круговая

частота $\omega < \omega_0 = \sqrt{\frac{e^2 N_e}{m \cdot \varepsilon_0}}$.

Для частоты $\nu = \omega/2\pi$ справедливо соотношение:

$$\lambda = \frac{c}{\nu_0} = \sqrt{\frac{4\pi^2 c^2 m \varepsilon_0}{e^2 N_e}}. \quad (6.12)$$

3) Подставляем данные в формулу (6.12):

$$\lambda = \frac{c}{\nu_0} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{(1,6 \cdot 10^{-19})^2 \cdot 2 \cdot 10^{11}}} = 74,42 \text{ м}.$$

Ответ: ночью электромагнитные волны с длинами волн большими, чем 74,42 м, отражаются от *F*-слоя.

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1 Название работы.
- 3.2 Цель работы.
- 3.3 Условие задания.
- 3.4 Ход работы (расчеты).
- 3.5 Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1 К каким видам загрязнения окружающей среды относится электромагнитное загрязнение?
- 4.2 Назовите основные бытовые источники электромагнитных излучений.
- 4.3 Как определяется длина волны и частота ЭМИ?
- 4.4 Что такое плотность потока энергии? Как она определяется?

4.5 Каким нормативным документом определяются предельно допустимые уровни ППЭ?

5. Варианты заданий к практической работе (табл. 6.2–6.4)

Задание А (варианты 1–10)

При работе СВЧ-печи продолжительностью T , ч мощностью P_0 , кВт на внешнее излучение уходит η , % ее мощности, определить безопасное расстояние (r), на котором можно находиться от СВЧ-печи. При расчетах СВЧ-печь считать за точечный источник, допустимую плотность энергии S_0 определить по таблице 6.1.

Таблица 6.2

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T , ч	2	2	1,5	1,0	0,5	0,5	0,25	0,25	0,2	0,2
P_0 , кВт	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
η , %	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7

Задание Б (варианты 11–20)

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля, создаваемого ТВ-станциями, составляет E , В/м. Определить предельно допустимый уровень объемной плотности потока энергии и плотности потока энергии в воздухе (принять $\varepsilon \approx 1$, $\mu \approx 0,38 \cdot 10^{-6}$).

Таблица 6.3

Варианты заданий

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E , В/м	4,5	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6

Задание В (варианты 21–30).

Радиосигнал посылается вверх и отражается от F_1 -слоя на высоте 200 км. Концентрация электронов в F_1 -слое ионосферы Земли составляет $N_e, \frac{1}{\text{м}^3}$. Значение постоянных величин см. п. 2.6. Определить длину волны и частоту радиосигнала (см. п. 2.1).

Таблица 6.4

Варианты заданий

Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$N_e, \frac{1}{\text{м}^3}$	$1 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^8$	$1,5 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^8$	$1 \cdot 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^{10}$	$2 \cdot 10^{10}$	10^9

Практическая работа № 7

Радиационно-экологический мониторинг загрязнения биосферы

Цель работы: изучить методику расчета радиационного загрязнения биосферы.

1. Общие сведения

Организация системы радиационно-экологического мониторинга на загрязненных территориях необходима для процесса принятия экологического решения и прогнозирования изменений радиационно-экологической ситуации в биосфере. Мониторинг способствует изучению миграции радионуклидов в окружающую среду, а также в наземные и водные экосистемы, позволяет определить влияние радионуклидов на зооценозы и фитоценозы. Мониторинг носит долгосрочный характер, т.к. радионуклиды имеют высокую продолжительность жизни, а экосистема обладает высокой изменчивостью.

Программа радиационно-экологического мониторинга обеспечивает всестороннее описание динамики отобранных естественных экосистем в сочетании с изменением окружающей среды, динамику флористической и фаунистической составляющих биоценоза, включая изменения в соотношении вида.

Радиационное загрязнение – наиболее опасный вид физического загрязнения окружающей среды, связанный с воздействием на человека и другие виды организмов радиационного излучения. По оценкам экспертов, этот вид загрязнения среды в нашей стране находится на втором месте после химического загрязнения.

К радиационному загрязнению относятся:

– собственно радиационное загрязнение, под которым понимается физическое загрязнение среды, связанное с действием альфа- и бета-частиц и гамма-излучений, возникающих в результате распада радиоактивных веществ,

– загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами, т.е. по существу химическое загрязнение среды, связанное с превышением естественного уровня содержания (природного фона) радиоактивных веществ в окружающей среде.

Факторы радиационной опасности по происхождению разделяются на: естественные и антропогенные. *К естественным факторам* относятся ископаемые руды, излучение при распаде радиоактивных элементов в толще земли и др. *Антропогенные факторы радиационной опасности* связаны с добычей, переработкой и использованием радиоактивных веществ, производством и использованием атомной энергии, разработкой и испытанием ядерного оружия и т.п. Наиболь-

шую опасность для здоровья человека представляют антропогенные факторы радиационной опасности.

2. Методика расчета

Активность – количество распадающихся за определенное время ядер.

Единицей измерения активности в радиоактивном источнике в системе СИ является *Беккерель (Бк)* – соответствует одному распаду в секунду для любого радионуклида. Внесистемная единица измерения – *Кюри (Ки)*. Зная радиоактивность в *Беккерелях*, можно перейти к активности в *Кюри*, и наоборот:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк.}$$

Для определения начальной активности радиоактивного элемента используют формулу:

$$A_0 = \lambda N_0, \quad (7.1)$$

где λ – *постоянная* радиоактивного распада, с^{-1} ;

N_0 – число не распавшихся ядер в момент времени, принятый за начальный при $t=0$.

Период полураспада $T_{1/2}$ – промежуток времени, за который число не распавшихся атомных ядер уменьшится в два раза (см. табл. 7.1):

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}. \quad (7.2)$$

Из формулы (7.2) можно выразить *постоянную* радиоактивного распада:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}. \quad (7.3)$$

Число атомов, содержащихся в радиоактивном изотопе:

$$N = \frac{m}{M} N_A, \quad (7.4)$$

где m – масса изотопа, $г$; $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ – постоянная Авогадро; M – молярная масса изотопа, $кг/кмоль$ ($г/моль$).

Подставляем в формулу (7.1) величины, выраженные в формулах (7.2) и (7.3), и начальная активность радиоактивного элемента примет вид:

$$A_0 = \frac{m \cdot N_A}{M \cdot T_{1/2}} \cdot \ln 2. \quad (7.5)$$

Активность изотопа изменяется со временем по закону:

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}, \quad (7.6)$$

где $e = 2,7182$ – основание натурального логарифма; t – период времени (перевести в секунды).

Масса вещества может быть выражена из формулы (7.5), при этом $T_{1/2}$ подставляется в секундах.

Таблица 7.1

Периоды полураспада, вид радиоактивного распада и энергия излучения некоторых основных радионуклидов чернобыльского выброса в 1986 г.

Радионуклид и его символ		Период полураспада	Вид распада и энергия излучения, МэВ
Криптон-85	$^{85}_{36}\text{Kr}$	10,71 года	β^- ; 0,150; 0,672; γ ; 0,51
Стронций-89	$^{89}_{38}\text{Sr}$	50,55 сут.	β^- ; 1,463
Стронций-90	$^{90}_{38}\text{Sr}$	28,6 года	β^- ; 0,563
Цирконий-95	$^{95}_{40}\text{Zr}$	64,05 сут.	β^- ; 0,364 (54%); 0,396 (43%); 0,883 (3%); γ , 0,235; 0,722; 0,754
Молибден-99	$^{99}_{42}\text{Mo}$	66,02 ч.	β^- ; 1,23 (80%); 0,45 (20%); γ , от 0,002 до 0,779
Рутений-106	$^{106}_{44}\text{Ru}$	368 сут.	β^- ; 0,0392; γ , 1,12; 1,05; 0,620; 0,51
Йод-131	$^{131}_{53}\text{I}$	8,04 сут.	β^- ; 0,815 (0,7%); 0,608 (87,2%); 0,335 (9,3%); 0,250 (2,8%); γ , 0,08; 0,163; 0,284; 0,364; 0,637; 0,722
Теллур-132	$^{132}_{52}\text{Te}$	78,2 ч.	β^- ; γ ; 0,22; 0,029
Ксенон-133	$^{133}_{54}\text{Xe}$	5,24 сут.	β^- ; 0,345; γ , 0,081
Цезий-134	$^{134}_{55}\text{Cs}$	2,06 года	β^- ; 0,078 (25%); 0,210 (2%); 0,410 (5%); 0,657 (68%); γ , от 0,561 до 1,361
Цезий-137	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30,17 года	β^- ; 0,51 (92%); 1,17 (8%); γ , 0,661
Барий-140	$^{140}_{56}\text{Ba}$	12,8 сут.	β^- ; 1,0 (60%); 0,4 (40%); γ , 0,03; 0,16; 0,31; 0,54
Церий-144	$^{144}_{58}\text{Ce}$	290 сут.	β^- ; 0,30 (70%); 0,17 (30%); γ , 0,034; 0,041; 0,053; 0,081; 0,094; 0,10; 0,134
Плутоний-238	$^{238}_{94}\text{Pu}$	89,6 года	α ; 5,495 (72%); 5,452 (28%); 5,352 (0,09%); γ , 0,045
Плутоний-239	$^{239}_{94}\text{Pu}$	$2,44 \cdot 10^4$ лет	α ; 5,150 (69%); 5,137 (20%); 5,049 (11%); γ , 0,038; 0,051
Плутоний-240	$^{240}_{94}\text{Pu}$	6,58 года	α ; 5,162 (76%); 5,118 (24%); γ , 0,044
Плутоний-241	$^{241}_{94}\text{Pu}$	13 лет	α ; 4,91 ($\sim 10^{-3}$ %); β^- , 0,021 (99%); γ , 0,10; 0,45
Кюрий-242	$^{242}_{96}\text{Cm}$	162,5 сут.	α ; 6,110 (73,7%); 6,066 (26,3%); 5,965 (0,035%); γ , 0,044; 0,103; 0,153

Закон ослабления узкого пучка моноэнергетических γ -лучей при прохождении через поглощающее вещество:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}, \text{ МэВ/см}^2 \cdot \text{с} \quad (7.7)$$

где I – интенсивность γ -лучей в веществе на глубине x ;

I_0 – интенсивность γ -лучей, падающих на этот слой;

μ – линейный коэффициент ослабления (см^{-1}), зависящий от длины волны γ -лучей, энергии γ -кванта и плотности вещества (Саватенко В.А. Практикум по ядерной физике и радиационной безопасности. – Мн.: Дизайн-Про, 1998. – 192 с.) (см. табл. 7.2).

Таблица 7.2

Линейный ($\mu, \text{см}^{-1}$) и массовый ($\mu_m, \text{см}^3/2$) коэффициенты поглощения γ -излучения для воздуха, воды, алюминия, железа и свинца

E_γ , МэВ	Воздух		Вода		Алюминий		Железо		Свинец	
	$\mu, 10^{-3}$	μ_m	μ	μ_m	μ	μ_m	μ	μ_m	$\mu, 10^{-3}$	μ_m
0,01	6,62	4,81	4,99	4,99	69,80	25,90	1330	169	1390	124
0,02	0,87	0,67	0,70	0,70	8,61	3,19	196,0	25,0	932,0	82,8
0,05	0,24	0,18	0,20	0,20	0,86	0,31	14,2	1,81	82,1	7,2
0,10	0,19	0,15	0,16	0,16	0,42	0,16	2,60	0,33	60,3	5,3
0,15	0,17	0,13	0,15	0,15	0,35	0,13	1,40	0,17	21,8	1,9
0,20	0,16	0,12	0,13	0,13	0,32	0,12	1,06	0,13	10,7	0,9
0,50	0,11	0,09	0,10	0,10	0,22	0,08	0,65	0,08	1,70	0,15
1,00	0,08	0,06	0,07	0,07	0,16	0,06	0,47	0,06	0,77	0,07
1,50	0,07	0,06	0,06	0,06	0,13	0,06	0,38	0,05	0,56	0,05
2,00	0,06	0,04	0,05	0,05	0,12	0,04	0,33	0,04	0,51	0,05
5,00	0,03	0,02	0,03	0,03	0,08	0,03	0,25	0,03	0,48	0,04

Слоем половинного ослабления называется слой, толщина $x_{1/2}$ которого такова, что интенсивность проходящих через него γ -лучей уменьшается в 2 раза $\Rightarrow I = I_0/2$, тогда согласно формуле (7.7) $I_0/2 = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$, а после ее логарифмирования получаем:

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} \quad (7.8)$$

Для ослабления γ -лучей в n - раз - $I_0/I = n$ нужен слой:

$$x_{1/n} = \frac{\ln n}{\mu}$$

Чтобы уменьшить интенсивность узкого пучка γ -лучей в n -раз, требуется слоев половинного ослабления:

$$x_{1/n} / x_{1/2} = \left(\frac{\ln n}{\mu} \right) / \left(\frac{\ln 2}{\mu} \right) = \frac{\ln n}{\ln 2}.$$

Или:

Пусть 1 слой, ослабляет интенсивность пучка γ -лучей в 2- раза, тогда для ослабления в n - раз справедливо выражение:

$$n = 2^a, \text{ где } a - \text{число слоев половинного ослабления.}$$

Для нахождения a прологарифмируем это выражение: $\ln n = a \ln 2$, тогда $a = \frac{\ln n}{\ln 2}$.

3. Порядок оформления практической работы

- 3.1 Название работы.
- 3.2 Цель работы.
- 3.3 Условие задания.
- 3.4 Ход работы (решение задачи).
- 3.5 Вывод.

4. Контрольные вопросы к практической работе

- 4.1 Что такое радиационно-экологический мониторинг и его цели?
- 4.2 Что такое радиационное загрязнение?
- 4.3 Какие виды радиационного загрязнения Вы знаете?
- 4.4 Как рассчитать активность радиоактивного элемента?
- 4.6 Что такое период полураспада радионуклида?
- 4.5 От каких величин зависит линейный коэффициент ослабления?

5. Варианты заданий к практической работе (табл. 7.2–7.4)

Задание А (варианты 1–10). В воде объемом V , мл содержится m , г вещества X . Какое количество воды имеет активность, равную A , mKi ? Период полураспада вещества X равен $T_{1/2}$ (см. табл. 7.1).

Указание к решению: выразить массу m из формулы (7.5).

Таблица 7.2

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V , мл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m \cdot 10^{15}$, г	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	^{90}Sr	^{90}Sr	^{90}Sr	^{131}I	^{131}I	^{137}Cs	^{137}Cs	^{137}Cs	^{140}Ba	^{140}Ba
A , mKi	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Задание Б (варианты 11–20) Применяемый для подавления весеннего прорастания овощей радиоактивный элемент X имеет период полураспада $T_{1/2}$ (см. табл. 7.1). Определить активность этого элемента через t лет. Активность изотопов в начальный момент времени равна A_0 , Ki .

Указание к решению: определить активность по формуле (7.6).

Таблица 7.3

Варианты заданий

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X	^{241}Pu	^{241}Pu	^{240}Pu	^{106}Ru	^{85}Kr	^{85}Kr	^{85}Kr	^{144}Ce	^{144}Ce	^{144}Ce
t , лет	3	2	1	1	1	2	3	1,5	1	0,5
A_0 , Ки	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Задание В (варианты 21–30) Вычислить толщину слоя половинного ослабления параллельного пучка γ -лучей, имеющего энергию гамма-кванта E_γ , МэВ для вещества X . Сколько слоев половинного ослабления требуется, чтобы уменьшить интенсивность узкого пучка γ -лучей в n - раз для этого вещества X ?

Указание к решению: определить толщину слоя половинного ослабления по формуле (7.8).

Таблица 7.4

Варианты заданий

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E_γ , МэВ	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,50	1,00	1,50	2,00	5,00
X	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
n	10	12	20	60	100	4	8	10	40	60

Примечание: 1- Вода; 2- Воздух; 3- Алюминий; 4- Железо; 5- Свинец.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция «О порядке отнесения объектов воздействия на атмосферный воздух к определенным категориям» / утв. пост. № 30 от 29 мая 2009 г. Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
2. Нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе / утв. пост. Министерства здравоохранения РБ № 186 от 30.12.2010 г.
3. СанПиН РБ N 11-19-94 «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ» / утв. пост. № 53 от 31 декабря 1998 г. Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь «О введении в действие санитарных правил и норм, гигиенических нормативов».
4. Классы опасности загрязняющих веществ в атмосферном воздухе / утв. пост. Министерства здравоохранения РБ № 174 от 21.12.2010 г.
5. Инструкция по определению объектов, представляющих повышенную техногенную и экологическую опасность, условно уязвимых в диверсионном отношении / утв. пост. Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 21 июля 2003 г. № 29 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2003 г., № 92, 8/9873).
6. Инструкция «О порядке установления нормативов допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух» / утв. пост. № 43 от 23 июня 2009 г. Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
7. Инструкция по ведению экологического паспорта предприятия / утв. пост. № 107 от 01 декабря 2008 г. Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
8. Форма экологического паспорта предприятия / утв. приказом № 342-од от 27 ноября 2009 г. Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.
9. Инструкция «О порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты» / утв. пост. № 43 от 29 апреля 2008 г. Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (в ред. пост. Минприроды от 29.12.2009 № 71).
10. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2010 / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь; под ред. С.И. Кузьмина, С.П. Уточкиной. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2011. – 290 с.
11. Комплексные оценки качества поверхностных вод / под ред. А.М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 139 с.
12. Современные методы мониторинга окружающей среды / рабочая программа и задание на контрольную работу с методическими указаниями / сост. Е.К. Силкина и [др.]. – М.: изд. РГОТУПС. – 2005. – 50 с.
13. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4/2.1.8.9-36-2002 Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) / утв. пост. № 162 от 31 декабря 2002 г. Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь, с изм. утв. пост. № 33 от 12.02.2008.

Учебное издание

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, КОНТРОЛЬ И ЭКСПЕРТИЗА

Методические указания по выполнению практических работ
для студентов специальности 1-33 01 01 «Биоэкология»

Авторы-составители:

САВЕНОК Владимир Евгеньевич
ЛИТВЕНКОВА Инна Александровна

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Корректор

Ф.И. Сивко

Компьютерный дизайн

Т.Е. Сафранкова

Подписано в печать

. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 3,48. Уч.-изд. л. 2,51. Тираж экз. Заказ для в/п.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

Лицензия ЛВ № 02330/0056790 от 01.04.2004.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.