

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОСФЕРЕ

Лабораторный практикум



УДК 355.58:53:54(075,8)
ББК Ц9я73+В3я73+Г.я73
Ф50

Составители:

Д.М. Капитанчук, ст. преп.
Н.С. Черниченко, преп.

Рецензенты:

Минкин В.В. – кандидат технических наук, доцент кафедры
техносферной безопасности ПГУ им. Т.Г. Шевченко.

Щука Т.В. – зам. декана по учебно-методической работе ЕГФ,
кандидат химических наук, доцент.

Ф50 Физико-химические процессы в техносфере: лабораторный
практикум / Сост.: Д.М. Капитанчук, Н.С. Черниченко –
Тирасполь, 2024.

Данный практикум предназначен для формирования у специалистов, занимающихся обеспечением безопасности жизнедеятельности человека, соответствующих профессиональных компетенций. Эти компетенции позволяют специалистам ориентироваться в довольно сложных физико-химических процессах миграции и трансформации естественных и антропогенных поллютантов в различных компонентах биосферы и техносферы. Практикум ставит своей целью быть максимально полезным и доступным для студентов. Он содержит 12 лабораторных работ, к каждой из них дано теоретическое введение, в котором кратко обоснованы основные понятия и закономерности, связанные с работой. Выполнение практических работ имеет большое значение для усвоения теоретического курса «Физико-химические процессы в техносфере» и получения необходимых практических навыков. Практикум может быть использован специалистами, работающими в области защиты окружающей среды, экологического мониторинга и экологической экспертизы.

Адресовано студентам, обучающимся по направлению
20.03.01 Техносферная безопасность (бакалавриат).

Рекомендовано Научно-методическим советом ПГУ им. Т.Г. Шевченко

© Д.М. Капитанчук, Н.С. Черниченко,
составление, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Лабораторная работа № 1	Технофильность и деструктивная активность элементов.	6
Лабораторная работа № 2	Определение уровня загрязнения воздушной среды автотранспортом.	14
Лабораторная работа № 3	Оценка безопасности атмосферы. Факторы, влияющие на состав и качество атмосферы.	28
Лабораторная работа № 4	Методика расчета выбросов оксида углерода, углеводорода, оксидов азота, серы, сажи и свинца от автотранспорта.	41
Лабораторная работа № 5	Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия и города.	51
Лабораторная работа № 6	Определение размера вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров на свалках с ТБО.	60
Лабораторная работа № 7	Определение антропогенных нарушений почвы.	69
Лабораторная работа № 8	Расчет и оценка уровня загрязнения почв вдоль дорог.	73
Лабораторная работа № 9	Расчет загрязнения почв при внесении удобрений.	78
Лабораторная работа № 10	Биологическое поглощение химических элементов.	94
Лабораторная работа № 11	Определение влияния окружающей среды на древесную растительность.	107
Лабораторная работа № 12	Определение степени влияния леса на состав атмосферы.	111
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ		114
ПРИЛОЖЕНИЯ		117

ВВЕДЕНИЕ.

Последние десятилетия убедили нас в том, что вторжение человека в природу – прямое или косвенное – наносит ей не только непосредственный ущерб, но и вызывает ряд новых процессов, влияющих тем либо иным образом на всю окружающую среду. Это относится к большому количеству химических реакций, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере и вызванных продуктами антропогенной деятельности. Некоторые из этих процессов характеризуются образованием токсичных продуктов, но в ряде случаев, напротив, происходит распад или обезвреживание загрязняющих природу веществ.

Известно, что на ход химических превращений, приводящих к образованию вредных для окружающей среды веществ, оказывают влияние климатические условия, состояние почвы, уровень развития производства, рельеф местности, уровень и длительность солнечной активности и т.п. Это еще раз убеждает в том, что такая сложная проблема, как физическая химия процессов взаимодействия продуктов антропогенной деятельности и естественных источников с окружающей средой, не может рассматриваться односторонне и при ее изучении необходим многоплановый подход. Он поможет ответить на вопрос – может ли вмешательство человека в дела природы создать такие условия, что не сработает механизм естественного саморегулирования и обновления и в какой степени наблюдаемые изменения внешней среды вызваны антропогенной деятельностью.

Дать ответ на поставленный вопрос можно посредством сопоставления результатов изменения окружающей среды, вызванных, с одной стороны, антропогенной деятельностью, а с другой – естественными причинами. Наиболее наглядно это прослеживается при использовании количественной оценки, учете фактора времени и

токсичности продуктов, образующихся при различных видах деятельности человека.

Любой вид человеческой деятельности сопровождается образованием различного вида продуктов и сопутствующих им отходов, зачастую опасных для человека и всего живого. Появление и накопление различных токсичных загрязнений в окружающей среде может определяться как природными элементами и соединениями, так и образованием новых веществ, опасных для биосферы.

В связи с этим возникает потребность в специалистах, владеющих навыками прогнозов возможных путей миграции и трансформации химических соединений в объектах окружающей среды и оценки их воздействия на живые организмы.

Будущему инженеру важно не только знать строение и свойства химических соединений, используемых в различных производствах, но и уметь прогнозировать их поведение в окружающей среде и воздействие на экосистемы. Такое умение требует наличия фундаментальных теоретических знаний в области неорганической, аналитической и органической химии. Поэтому дисциплина базируется на ранее изученных химических курсах, а также знаниях из области физики, экологии, токсикологии и др.

Изучаемый курс представляет собой интегрированную научную дисциплину, предметом изучения которой являются процессы миграции и трансформации химических соединений природного и антропогенного происхождения в атмосфере, гидросфере, литосфере.

Курс «Физико-химические процессы в техносфере» связан с рядом специальных дисциплин: «Мониторинг среды обитания», «Системы защиты среды обитания», «Источники загрязнения среды обитания».

Лабораторная работа №1.

Технофильность и деструктивная активность элементов

Цель: *изучить технофильность и деструктивную активность элементов.*

Теоретические сведения.

Вовлечение химических элементов в циклы техногенной миграции характеризует ряд показателей. Среди них следует отметить **технофильность (T_x)**. По определению А.И. Перельмана (1972), этот показатель фиксирует соотношение и связи между использованием химического элемента человечеством и распространенностью в земной коре. Критерием использования выбрана величина его добычи.

Технофильность рассчитывается по формуле:

$$T_x = D / K,$$

Где D – ежегодная добыча этого элемента (в тоннах), K – его кларк в литосфере. Таким образом, этот показатель характеризует добычу элемента в единицах кларков. Технофильность можно рассчитывать для отдельной страны, группы стран, всего мира. Естественно, она очень динамична. Рост технофильности свидетельствует об увеличении интенсивности вовлечения изучаемого элемента в техногенную миграцию по сравнению с другими (если сравнивается технофильность разных элементов) или в координате времени (если сравнивается технофильность одного и того же элемента в разные периоды). В настоящее время наиболее технофильным элементом является С, что отражает огромную важность энергии; наименее технофильны Y, Ga, Cs, Th.

Технофильность элементов колеблется в миллионы раз, в то время как контрасты кларков составляют миллиарды. Следовательно, техногенез ведет к уменьшению геохимической контрастности

ноосферы (по сравнению с биосферой и земной корой). При техногенезе накапливаются наиболее технофильные элементы: человечество «перекачивает» на земную поверхность из глубин элементы рудных месторождений. В результате по сравнению с природным культурный ландшафт обогащается Pb, Hg, Cu, Sn, Sb и другими элементами.

Другой аспект связан с оценкой степени опасности элементов, вовлекаемых при техногенезе в природную среду, для живого вещества в биосфере. Для ее количественной характеристики М.А. Глазовской (1976) введено понятие о *деструкционной активности элементов техногенеза (D_x)*. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$D_x = T_x / B_x,$$

где T_x и B_x — технофильность и биофильность (кларк концентрации в живом веществе) химического элемента. Этот показатель также непостоянен во времени и может расти с увеличением добычи элемента. Чем больше технофильность элемента и меньше его биофильность, т.е. чем больше величина деструкционной активности, тем опаснее он для живого вещества. В настоящее время максимальной D отличается ртуть; к элементам с очень слабой D относятся такие биофилы, как кальций, магний, калий.

Исходные материалы. Для выполнения работы студентам предоставляются данные о величине ежегодной мировой добычи, кларке литосферы и биофильности 10-ти элементов (табл.1).

Задание

1. Рассчитать для каждого элемента величины технофильности и деструкционной активности.

2. Сгруппировать полученные значения в ранжированные ряды по убыванию каждого показателя.

3. Выделить группы элементов по близким значениям технофильности и деструкционной активности и объяснить в заключении полученные результаты.

Таблица 1

Кларк, ежегодная добыча и биофильность химических элементов.

Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность	Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность
1	Si	29,5	$2,4 \times 10^9$	6×10^{-3}	3	S	$4,7 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	1
	Na	2,5	5×10^7	8×10^{-3}		F	$6,6 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^6$	7×10^{-3}
	Li	$3,2 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^2$	6×10^{-2}		Al	8,05	$5,6 \times 10^6$	5×10^{-4}
	K	2,5	10^7	0,12		C	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^9$	780
	Cr	$8,3 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^6$	8×10^{-3}		Mn	0,1	6×10^6	$9,6 \times 10^{-2}$
	Fe	4,65	$3,1 \times 10^8$	2×10^{-3}		Br	$2,1 \times 10^{-4}$	10^5	0,7
	Co	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^4$	$2,2 \times 10^{-2}$		V	9×10^{-3}	$7,2 \times 10^3$	6×10^{-3}
	Cu	$4,7 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^6$	$6,8 \times 10^{-2}$		Mo	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,4 \times 10^4$	0,18
	Cs	$3,7 \times 10^{-4}$	1	$1,6 \times 10^{-2}$		Cd	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^4$	$1,5 \times 10^{-2}$
	As	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^4$	$3,5 \times 10^{-2}$		Hg	$8,3 \times 10^{-6}$	$8,3 \times 10^3$	6×10^{-2}
2	Mg	1,87	$1,9 \times 10^6$	2×10^{-2}	4	B	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^5$	0,8
	Cl	$1,7 \times 10^{-2}$	5×10^7	1,1		P	$9,3 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	0,75
	Ca	2,96	$2,4 \times 10^9$	0,17		Ti	0,45	$4,5 \times 10^5$	$2,8 \times 10^{-3}$
	Ni	$5,8 \times 10^{-3}$	4×10^5	$1,3 \times 10^{-2}$		Zr	$1,7 \times 10^{-2}$	10^5	$1,7 \times 10^{-2}$
	Ga	$1,9 \times 10^{-3}$	2,6	10^{-3}		Zn	$8,3 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^6$	0,24
	Rb	$1,5 \times 10^{-2}$	2×10^3	$1,3 \times 10^{-2}$		U	$2,5 \times 10^{-4}$	3×10^4	$3,2 \times 10^{-3}$
	Sr	$3,4 \times 10^{-2}$	9×10^8	6×10^{-2}		Ag	7×10^{-6}	7×10^3	0,17
	Sn	$2,5 \times 10^{-4}$	2×10^5	4×10^{-2}		Ba	$6,5 \times 10^{-2}$	2×10^6	$1,3 \times 10^{-2}$
	W	$1,3 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^4$	$1,7 \times 10^{-2}$		Sb	5×10^{-5}	5×10^4	4×10^{-3}
	Pb	$1,6 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^6$	6×10^{-2}		La	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^2$	10^{-2}

Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность	Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность
	Ba	$6,5 \times 10^{-2}$	2×10^6	$1,3 \times 10^{-2}$		Li	$3,2 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^2$	6×10^{-2}
	Na	2,5	5×10^7	8×10^{-3}		F	$6,6 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^6$	7×10^{-3}
	S	$4,7 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	1		P	$9,3 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	0,75
	K	2,5	10^7	0,12		Si	29,5	$2,4 \times 10^9$	6×10^{-3}

5	Cr	8,3×10 ⁻³	1,7×10 ⁶	8×10 ⁻³	7	Mn	0,1	6×10 ⁶	9,6×10 ⁻²	
	Fe	4,65	3,1×10 ⁸	2×10 ⁻³		Br	2,1×10 ⁻⁴	10 ⁵	0,7	
	Co	1,8×10 ⁻³	1,3×10 ⁴	2,2×10 ⁻²		Zr	1,7×10 ⁻²	10 ⁵	1,7×10 ⁻²	
	Cu	4,7×10 ⁻³	4,7×10 ⁶	6,8×10 ⁻²		As	1,7×10 ⁻⁴	1,7×10 ⁴	3,5×10 ⁻²	
	Ca	2,96	2,4×10 ⁹	0,17		Cd	1,3×10 ⁻⁵	1,3×10 ⁴	1,5×10 ⁻²	
	U	2,5×10 ⁻⁴	3×10 ⁴	3,2×10 ⁻³		Hg	8,3×10 ⁻⁶	8,3×10 ³	6×10 ⁻²	
6	Mg	1,87	1,9×10 ⁶	2×10 ⁻²	8	B	1,2×10 ⁻³	1,2×10 ⁵	0,8	
	Cl	1,7×10 ⁻²	5×10 ⁷	1,1		Al	8,05	5,6×10 ⁶	5×10 ⁻⁴	
	Ti	0,45	4,5×10 ⁵	2,8×10 ⁻³		Ti	0,45	4,5×10 ⁵	2,8×10 ⁻³	
	Ni	5,8×10 ⁻³	4×10 ⁵	1,3×10 ⁻²		V	9×10 ⁻³	7,2×10 ³	6×10 ⁻³	
	Ga	1,9×10 ⁻³	2,6	10 ⁻³		Zn	8,3×10 ⁻³	3,3×10 ⁶	0,24	
	Rb	1,5×10 ⁻²	2×10 ³	1,3×10 ⁻²		Mo	1,1×10 ⁻⁴	4,4×10 ⁴	0,18	
	Sr	3,4×10 ⁻²	9×10 ⁸	6×10 ⁻²		Ag	7×10 ⁻⁶	7×10 ³	0,17	
	C	2,7×10 ⁻²	2,3×10 ⁹	780		Sn	2,5×10 ⁻⁴	2×10 ⁵	4×10 ⁻²	
	W	1,3×10 ⁻⁴	2,6×10 ⁴	1,7×10 ⁻²		Sb	5×10 ⁻⁵	5×10 ⁴	4×10 ⁻³	
Pb	1,6×10 ⁻³	3,2×10 ⁶	6×10 ⁻²	La	2,9×10 ⁻³	2,9×10 ²	10 ⁻²			
9	Вариант	Элементы	Кларк, %	Добыч а, т/год	Биофил ь-ность	Вариант	Элементы	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофил ь-ность
10	Вариант	Элементы	Кларк, %	Добыч а, т/год	Биофил ь-ность	Вариант	Элементы	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофил ь-ность

Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность	Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность
13	C	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^9$	780	15	Na	2,5	5×10^7	8×10^{-3}
	Li	$3,2 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^2$	6×10^{-2}		F	$6,6 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^6$	7×10^{-3}
	S	$4,7 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	1		Al	8,05	$5,6 \times 10^6$	5×10^{-4}
	K	2,5	10^7	0,12		Si	29,5	$2,4 \times 10^9$	6×10^{-3}
	Cr	$8,3 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^6$	8×10^{-3}		Mn	0,1	6×10^6	$9,6 \times 10^{-2}$
	Fe	4,65	$3,1 \times 10^8$	2×10^{-3}		W	$1,3 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^4$	$1,7 \times 10^{-2}$
	Co	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^4$	$2,2 \times 10^{-2}$		P	$9,3 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	0,75
	Cu	$4,7 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^6$	$6,8 \times 10^{-2}$		Mo	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,4 \times 10^4$	0,18
	Cs	$3,7 \times 10^{-4}$	1	$1,6 \times 10^{-2}$		Ni	$5,8 \times 10^{-3}$	4×10^5	$1,3 \times 10^{-2}$
	U	$2,5 \times 10^{-4}$	3×10^4	$3,2 \times 10^{-3}$		Sb	5×10^{-5}	5×10^4	4×10^{-3}
14	Mg	1,87	$1,9 \times 10^6$	2×10^{-2}	16	B	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^5$	0,8
	Cl	$1,7 \times 10^{-2}$	5×10^7	1,1		Zr	$1,7 \times 10^{-2}$	10^5	$1,7 \times 10^{-2}$
	Ca	2,96	$2,4 \times 10^9$	0,17		Ti	0,45	$4,5 \times 10^5$	$2,8 \times 10^{-3}$
	Cd	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^4$	$1,5 \times 10^{-2}$		V	9×10^{-3}	$7,2 \times 10^3$	6×10^{-3}
	Ga	$1,9 \times 10^{-3}$	2,6	10^{-3}		Zn	$8,3 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^6$	0,24
	Rb	$1,5 \times 10^{-2}$	2×10^3	$1,3 \times 10^{-2}$		As	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^4$	$3,5 \times 10^{-2}$
	Sr	$3,4 \times 10^{-2}$	9×10^8	6×10^{-2}		Ag	7×10^{-6}	7×10^3	0,17
	Ba	$6,5 \times 10^{-2}$	2×10^6	$1,3 \times 10^{-2}$		Sn	$2,5 \times 10^{-4}$	2×10^5	4×10^{-2}
	Br	$2,1 \times 10^{-4}$	10^5	0,7		Hg	$8,3 \times 10^{-6}$	$8,3 \times 10^3$	6×10^{-2}
	Pb	$1,6 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^6$	6×10^{-2}		La	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^2$	10^{-2}

Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность	Вариант	Элем-ты	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность
17	Si	29,5	$2,4 \times 10^9$	6×10^{-3}	18	Na	2,5	5×10^7	8×10^{-3}
	Li	$3,2 \times 10^{-3}$	$6,4 \times 10^2$	6×10^{-2}		F	$6,6 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^6$	7×10^{-3}
	S	$4,7 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	1		V	9×10^{-3}	$7,2 \times 10^3$	6×10^{-3}
	B	$1,2 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^5$	0,8		C	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^9$	780
	Cr	$8,3 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^6$	8×10^{-3}		Ca	2,96	$2,4 \times 10^9$	0,17
	Fe	4,65	$3,1 \times 10^8$	2×10^{-3}		Mg	1,87	$1,9 \times 10^6$	2×10^{-2}
	Ni	$5,8 \times 10^{-3}$	4×10^5	$1,3 \times 10^{-2}$		P	$9,3 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	0,75
	Cu	$4,7 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^6$	$6,8 \times 10^{-2}$		Mo	$1,1 \times 10^{-4}$	$4,4 \times 10^4$	0,18
	Cs	$3,7 \times 10^{-4}$	1	$1,6 \times 10^{-2}$		Co	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^4$	$2,2 \times 10^{-2}$
	U	$2,5 \times 10^{-4}$	3×10^4	$3,2 \times 10^{-3}$		Ba	$6,5 \times 10^{-2}$	2×10^6	$1,3 \times 10^{-2}$
19	W	$1,3 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^4$	$1,7 \times 10^{-2}$	20	K	2,5	10^7	0,12
	Cl	$1,7 \times 10^{-2}$	5×10^7	1,1		Zr	$1,7 \times 10^{-2}$	10^5	$1,7 \times 10^{-2}$
	Mn	0,1	6×10^6	$9,6 \times 10^{-2}$		Ti	0,45	$4,5 \times 10^5$	$2,8 \times 10^{-3}$
	Cd	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,3 \times 10^4$	$1,5 \times 10^{-2}$		Al	8,05	$5,6 \times 10^6$	5×10^{-4}
	Ga	$1,9 \times 10^{-3}$	2,6	10^{-3}		Zn	$8,3 \times 10^{-3}$	$3,3 \times 10^6$	0,24
	Rb	$1,5 \times 10^{-2}$	2×10^3	$1,3 \times 10^{-2}$		As	$1,7 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^4$	$3,5 \times 10^{-2}$
	Sr	$3,4 \times 10^{-2}$	9×10^8	6×10^{-2}		Ag	7×10^{-6}	7×10^3	0,17

	Sb	5×10^{-5}	5×10^4	4×10^{-3}		Sn	$2,5 \times 10^{-4}$	2×10^5	4×10^{-2}
	Br	$2,1 \times 10^{-4}$	10^5	0,7		Hg	$8,3 \times 10^{-6}$	$8,3 \times 10^3$	6×10^{-2}
	La	$2,9 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^2$	10^{-2}		Pb	$1,6 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^6$	6×10^{-2}

Пример:

Вариант	Элементы	Кларк, %	Добыча, т/год	Биофильность
1	C	$2,7 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^9$	780
	Na	2,5	5×10^7	8×10^{-3}
	S	$4,7 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^7$	1
	K	2,5	10^7	0,12
	Cr	$8,3 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^6$	8×10^{-3}
	Fe	4,65	$3,1 \times 10^8$	2×10^{-3}
	Co	$1,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^4$	$2,2 \times 10^{-2}$
	Cu	$4,7 \times 10^{-3}$	$4,7 \times 10^6$	$6,8 \times 10^{-2}$
	Cs	$3,7 \times 10^{-4}$	1	$1,6 \times 10^{-2}$
	U	$2,5 \times 10^{-4}$	3×10^4	$3,2 \times 10^{-3}$

1. Рассчитать для каждого элемента величины технофильности и деструкционной активности.

Элемент	Технофильность, T_x	Деструкционная активность, D_x
	Кларк взят в %	Кларк взят в %
C	$8,5 \times 10^{10}$	$1,1 \times 10^8$

Na	2×10^7	$2,5 \times 10^9$
S	4×10^8	4×10^8
K	4×10^6	$3,3 \times 10^7$
Cr	2×10^8	$2,5 \times 10^{10}$
Fe	$6,7 \times 10^7$	$3,3 \times 10^{10}$
Co	$7,2 \times 10^6$	$3,3 \times 10^8$
Cu	10^9	$1,5 \times 10^{10}$
Cs	$2,7 \times 10^3$	$1,7 \times 10^5$
U	$1,2 \times 10^8$	$3,8 \times 10^{10}$

2. Сгруппировать полученные значения в ранжированные ряды по убыванию каждого показателя.

Элемент	Технофильность, T_x
	Кларк взят в %
C	$8,5 \times 10^{10}$
Cu	10^9
S	4×10^8
Cr	2×10^8
U	$1,2 \times 10^8$
Fe	$6,7 \times 10^7$
Na	2×10^7

Э	Деструкционная активность, D_x
	Кларк взят в %
U	$3,8 \times 10^{10}$
Fe	$3,3 \times 10^{10}$
Cr	$2,5 \times 10^{10}$
Cu	$1,5 \times 10^{10}$
Na	$2,5 \times 10^9$
S	4×10^8
Co	$3,3 \times 10^8$

Co	$7,2 \times 10^6$
K	4×10^6
Cs	$2,7 \times 10^3$

C	$1,1 \times 10^8$
K	$3,3 \times 10^7$
Cs	$1,7 \times 10^5$

3. Выделить группы элементов по близким значениям технофильности и деструкционной активности и объяснить в заключении полученные результаты.

По технофильности:

- а) C, Cu
- б) S, Cr, U, Fe, Na
- в) Co, K
- г) Cs

Из этих данных следует, что в наибольшей степени глобальный биохимический фон будет возрастать по меди (из тяжелых металлов). Рост технофильности свидетельствует об увеличении интенсивности вовлечения изучаемого элемента в техногенную миграцию по сравнению с другими. В настоящее время наиболее технофильным элементом является C, что отражает огромную важность энергии; наименее технофилен Cs. При техногенезе накапливаются наиболее технофильные элементы: человечество «перекачивает» на земную поверхность из глубин элементы рудных месторождений.

По деструкционной активности:

- а) U, Fe, Cr, Cu, Na
- б) S, Co, C, K
- в) Cs

Этот аспект связан с оценкой степени опасности элементов, вовлекаемых при техногенезе в природную среду, для живого вещества в биосфере. Этот показатель также непостоянен во времени и может расти с увеличением добычи элемента. Чем больше технофильность элемента и меньше его биофильность, т.е. чем больше величина деструкционной активности, тем опаснее он для живого вещества.

Лабораторная работа №2.

Определение уровня загрязнения воздушной среды автотранспортом.

Цель: *получить практические навыки оценки воздействия автотранспорта на атмосферный воздух методом регистрации количества и типа автотранспортных единиц и последующего расчета.*

Теоретические сведения.

Природная среда крупных городов и промышленных центров, характеризующихся высокой плотностью населения и концентрацией промышленных, транспортных и коммунальных объектов, испытывает мощное техногенное воздействие. Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые в ряде столиц мира, административных центрах России и стран СНГ, городах-курортах составляют 60 – 80 % от общих выбросов.

Автотранспорт является одним из основных источников воздействия на окружающую среду, которое проявляется в следующем:

- загрязнение атмосферного воздуха выбросами от двигателей внутреннего сгорания (ДВС);
- создание сверхнормативного шумового и вибрационного поля вдоль автомагистралей;
- изменение природных ландшафтов и гидрологического режима при строительстве и эксплуатации автомагистралей;
- загрязнение ливневых и талых вод, а также почв нефтепродуктами и тяжелыми металлами вдоль автомагистралей;

- образование большого количества отходов, таких как: металлолом, аккумуляторы, отработанные масла, изношенные шины, промасленная ветошь, нефтешламы от автомоек и локальных очистных сооружений и др.

Как известно, при полном сгорании углеводородов конечными продуктами являются углекислый газ (CO_2) и пары воды. Однако полного сгорания топлива сейчас добиться невозможно, поэтому в отработавших газах автотранспорта присутствуют:

1. продукты неполного сгорания в виде оксида углерода, альдегиды, кетоны, углеводороды, в том числе канцерогенные, водород, перекисные соединения, сажа;
2. продукты термических реакций азота с кислородом, за счет чего образуются оксиды азота;
3. соединения неорганических веществ, которые входят в состав топлива (соединения свинца, диоксид серы и др.);
4. избыточный кислород.

Всего в отработавших газах идентифицировано более 200 различных химических веществ. Количество и состав отработавших газов определяются конструктивными особенностями автомашин, режимом работы их двигателей, техническим состоянием, качеством дорожных покрытий, метеоусловиями. Особенностью работы автомобильных двигателей являются переменные нагрузки, когда с режима холостого хода происходит переход на режим разгона, фазу установившейся работы и, наконец, торможение. Наиболее высокие концентрации оксида углерода в отработавших газах имеют место при работе двигателя на холостом ходу и полных нагрузках. Когда автомобиль разгоняется и движется с установившейся скоростью, в отработавших газах отмечаются наибольшие концентрации оксидов

азота. Данные, приведенные в табл. 2, характеризуют количество и состав отработавших газов при разных режимах работы двигателя. Интерес представляют данные о выбросах токсичных компонентов для отдельных типов транспортных средств (табл. 3).

Таблица 2.

Режим работы двигателя	Доля выбросов, %				
	По времени	По выбросам			По расходу топлива
		CO	CnHm	NOx	
холостой ход	39,5	13-25	15-18	0	15
разгон	18,5	29-32	27-30	75-86	35
установившийся режим	29,2	32-43	19-35	13-23	37
замедление	12,8	10-13	23-32	0-1.5	13

Характеризуя автотранспорт как источник загрязнения атмосферного воздуха, нельзя не указать на то, что для повышения октанового числа бензина используют различные антидетонационные добавки и прежде всего, и чаще всего тетраэтилсвинец. Кроме тетраэтилсвинца, применяют метилэтиловые соединения, карбонилы переходных металлов. В двигателе автомобиля тетраэтилсвинец распадается с образованием частиц твердого оксида свинца.

Таблица 3.

Транспортные средства	Выбросы токсичных веществ, г/км.			
	CO	CnHm	NOx	Сажа
Мотоциклы типа «Ява»	8,2	6,7	0,1	-
«Жигули»	23,9	1,9	1,35	-
«Волга»	25,7	1,6	1,4	-
«УАЗ-451»	26,1	2,0	1,0	-
«КамАЗ»	2,98	0,49	2,7	9,52

«Икарус»	2,4	0,38	2,9	0,43
----------	-----	------	-----	------

Наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу – 0,98 %, окиси углерода соответственно – 5,1 % и 13,8 %. Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и обогащает ее на 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота.

Отработавшие газы автомобилей с дизельными двигателями по своему составу отличаются от таковых при использовании в качестве топлива бензина. В дизельном двигателе за счет более полного сгорания топлива меньше образуется оксида углерода и несгоревших углеводородов. Однако за счет избытка воздуха в нем образуется больше оксидов азота.

Отработавшие газы автомобилей с дизельными двигателями характеризуются также дымностью. Черный дым представляет собой продукт неполного сгорания и состоит из частиц углерода 0,1 - 0,3 мкм. Белый дым образуется из частичек испарившегося топлива и капелек воды и выбрасывается при работе двигателя на холостом ходу. В составе белого дыма присутствуют в основном альдегиды, обладающие раздражающим действием. Голубой дым образуется при охлаждении на воздухе отработавших газов. Он состоит из капелек жидких углеводородов. Важной особенностью выбросов дизельных автомобилей является содержание канцерогенных полициклических

ароматических углеводородов, среди которых наибольшее значение имеет бенз(а)пирен.

Автомобильный парк сосредоточен в основном в крупных городах. Транспортные потоки растут вместе с ростом городов из-за стихийного, не подчиненного рациональному планированию размещения жилых и промышленных зон. Большое значение имеют интенсивность и плотность транспортных потоков. Различают три основных состояния транспортного потока: свободное, групповое и колонное. При малой плотности (10 авт./км) возможно движение со свободной скоростью. При групповом движении (11- 30 авт./км) падение скорости потока ведет к дополнительному расходу топлива. Наконец, при колонном движении (31 - 100 авт./км) - снижается вплоть до затора, что также ведет к дополнительному расходу топлива.

Способы уменьшения загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами автотранспорта известны. Они сводятся к следующему:

- уменьшению токсичности отработавших газов за счет изменения регулировки и конструкции двигателя;
- рециркуляции отработавших газов;
- применению присадок к топливу для уменьшения дымности и токсичности отработавших газов дизельных двигателей;
- уменьшению токсичных выбросов с картерными газами и из топливной системы двигателя;
- нейтрализации отработавших газов;
- замене топлива и др.

Необходимо отметить, что все эти способы в полном объеме выброса загрязняющих веществ не устраняют. Лишь разработка и широкое внедрение электромобилей, в том числе использующих солнечную

энергию, могло бы внести коренные изменения. Им присущи существенные преимущества перед автомобилями с бензиновыми или дизельными двигателями. Однако они имеют и серьезные недостатки, связанные с аккумуляторными батареями для них.

Токсичность отработавших газов во многом зависит от двигателей автомобилей. В конструкции двигателя имеют значение форма и размеры камеры сгорания. Выброс отработавших газов снижается также за счет обогащения смеси, уменьшения угла опережения зажигания, снижении степени сжатия, увеличения частоты вращения вала двигателя, впрыска воды во впускной трубопровод, частичной рециркуляции отработавших газов. На протяжении последних лет применяется и такая мера, как рециркуляция отработавших газов в двигателях с искровым зажиганием и дизельных двигателях.

С отработавшими газами дизельных двигателей в атмосферный воздух поступают сажа, на частицах которой адсорбируются, например, бенз(а)пирен, а также продукты частичного окисления (альдегиды и др.). Для уменьшения токсичности этих выбросов используются различные присадки к топливу. Эта мера снижает дымность отработавших газов.

Для устранения загрязнения атмосферного воздуха свинцом важное значение имеет замена антидетонационных присадок, в частности, тетраэтилсвинца, на новые добавки к моторному топливу.

Для обеспечения окисления оксида углерода и углеводородов до конечных продуктов сгорания применяются пламенные нейтрализаторы. Для дожигания углеводородов и оксида углерода, разложения оксидов азота все более широко внедряются каталитические нейтрализаторы. Применение нейтрализаторов,

успешно реализуемое во многих странах, обеспечивает эффективное снижение концентрации оксида углерода, углеводородов и оксидов азота в отработавших газах.

Каталитические нейтрализаторы обеспечивают реакции химических веществ между собой или с избытком кислорода. При этом имеет место окисление оксида углерода до диоксида углерода, углеводородов — до диоксида углерода и водяных паров, восстановление оксидов азота, в основном оксидом углерода, до азота и диоксида углерода.

Каталитические нейтрализаторы делятся на дизельные, которые обрабатывают отработавшие газы с низким содержанием оксида углерода и углеводородов, и бензиновые для двигателей с искровым зажиганием, для которых, наоборот, характерно высокое содержание последних в отработавших газах автомобилей.

С учетом характера основной реакции нейтрализации отработавших газов каталитические нейтрализаторы делятся на окислительные, восстановительные и трехкомпонентные. Окислительные обеспечивают окисление оксида углерода, углеводородов и альдегидов. Восстановительные используются меньше, в основном для восстановления оксида азота. Трехкомпонентные нейтрализаторы предназначены для очистки отработавших газов от оксида углерода, углеводородов, оксидов азота.

Катализаторы достаточно эффективны, однако стоимость их очень высокая. Нейтрализаторы устанавливают на автомобилях между двигателем и глушителем.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м³.

Формула оценки концентрации окиси углерода (K_{CO}):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_U \cdot K_C \cdot K_V \cdot K_P, \quad (1)$$

где **0,5** – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³;

N – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час;

K_T – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

K_U – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

K_C – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

K_V – то же в зависимости от относительной влажности воздуха;

K_P – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i \cdot K_{Ti} \quad (2)$$

где **P_i** – состав автотранспорта в долях единицы для *i*-того вида транспорта. Коэффициент **P_j** приведен в таблице заданий в процентах, а при решении необходимо **P_i**, - выражать в виде десятичной дроби.,

K_{Ti} – определяется по таблице:

Тип автомобиля	Коэффициент K_{Ti}
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Значение коэффициента **K_A**, учитывающего аэрацию местности, определяется по следующей таблице:

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_A
Транспортные тоннели	2,7

Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	0,6
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента K_y , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода (CO) в зависимости от величины продольного уклона, определяют по таблице:

Продольный уклон	Коэффициент K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра K_c определяется по таблице:

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_c
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значение коэффициента K_v , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в таблице:

Относительная влажность, %	Коэффициент K_v
100	1,45
90	1,30

80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в таблице:

Тип пересечения	Коэффициент Кп
Регулируемое пересечение:	
- со светофорами обычное,	1,8
- со светофорами управляемое,	2,1
- саморегулируемое.	2,0
Нерегулируемое пересечение:	
- со снижением скорости,	1,9
- кольцевое,	2,2
- с обязательной остановкой.	3,0

Рабочее задание

В ходе выполнения данной лабораторной работы каждый студент должен выполнить следующее:

- 1) ознакомиться с методикой оценки воздействия автотранспорта на окружающую среду, изложенной в данной лабораторной работе;
- 2) произвести подсчет количества и типа автотранспортных средств за определенный промежуток времени на дорогах;
- 3) произвести оценку состояния окружающей среды в районе поста наблюдений;
- 4) результаты наблюдений занести в протокол наблюдений;
- 5) вычислить концентрацию окиси углерода в атмосферном воздухе, в мг/м³, и сравнить ее с ПДК;
- 6) составить отчет о лабораторной работе;
- 7) сделать вывод на основании результатов эксперимента.

Указания по выполнению лабораторной работы.

Студенты разделяются на группы и размещаются на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двухстороннего движения каждая группа размещается на своей стороне. Интенсивность движения автотранспорта определяется методом подсчета автомобилей разных типов в течение 30 мин. Автомобили разделяют на три категории: с карбюраторным двигателем, дизельные, автобусы. Результаты замеров заносят в протокол наблюдений. При прохождении мимо поста наблюдений транспортного средства оно фиксируется в виде крестика в правом столбце протокола в соответствующей категории.

Протокол наблюдений.

Место

наблюдений _____

Дата _____

Время наблюдений: от _____ час _____ мин. до
_____ час _____ мин.

Тип автомобиля	Число единиц
Легковой	
Легкий грузовой (до 5 т)	
Средний грузовой (5 - 8 т)	
Тяжелый грузовой (дизельный) (свыше 8 т)	
Автобус	

Исполнитель _____ (подпись)

В каждой точке наблюдений производится оценка улицы.

1. Тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, насыпи), жилые улицы с двухсторонней

застройкой, дороги в выемке, магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.

2. Пересечения (перекрестки): регулируемый (саморегулируемый, светофор) или нерегулируемый (со снижением скорости, кольцевое и др.).

3. Уклон. Определяется глазомерно или эклиметром.

4. Скорость ветра. Определяется анемометром.

5. Относительная влажность воздуха. Определяется психрометром.

6. Наличие защитной полосы из деревьев.

Собранные материалы записывают в лабораторный журнал.

В случае невозможности проведения экспериментальных исследований на улице (плохая погода и проч.) лабораторная работа проводится расчетным путем на основании исходных данных, полученных у преподавателя.

Примерные задания.

В А Р И А Н Т	Суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час (N)	Состав автотранспорта в долях единицы для i-того вида транспорта (P _i) в %.					Тип местности по степени аэрации
		Легкий грузовой	Средний грузовой	Тяжелый грузовой (дизельный)	Автобус	Легковой	
1	300	5	10	5	10	70	Транспортные тоннели
2	480	10	5	5	5	75	Транспортные тоннели
3	290	15	15	20	15	35	Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке
4	200	25	20	25	15	15	Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке
5	235	10	10	5	15	60	Транспортные тоннели
6	140	5	5	5	10	75	Транспортные тоннели
7	700	10	15	10	10	55	Магистральные улицы

							и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон
8	130	15	15	5	5	60	Транспортные тоннели
9	290	10	10	5	20	55	Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон
10	130	18	20	12	10	40	Пешеходные тоннели
11	120	20	5	10	15	50	Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке
12	680	25	5	5	10	55	Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон
13	360	30	20	5	10	35	Пешеходные тоннели
14	400	10	10	5	20	55	Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, высокие насыпи
15	500	20	20	5	10	45	Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, высокие насыпи
16	250	15	10	5	10	60	Пешеходные тоннели
17	250	20	5	5	5	65	Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке
18	170	15	10	5	10	60	Пешеходные тоннели
19	380	10	10	5	10	65	Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон
20	200	20	20	10	5	45	Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, высокие насыпи

ВАРИАНТ	Продольный уклон	Скорость ветра, м/с	Относительная влажность, %	Тип пересечения	
				Регулируемое пересечение	Нерегулируемое пересечение
1	0	6	50	со светофорами обычное	-
2	2	5	60	саморегулируемое	-
3	4	4	70	-	со снижением скорости
4	6	3	80	-	кольцевое
5	8	2	90	со светофорами обычное	-
6	0	1	100	-	со снижением скорости
7	2	6	50	-	с обязательной остановкой
8	4	5	60	со светофорами управляемое	-
9	6	4	70	-	кольцевое
10	8	3	80	саморегулируемое	
11	0	2	90	-	со снижением скорости
12	2	1	100	со светофорами управляемое	-
13	4	6	50	-	с обязательной остановкой
14	6	5	60	со светофорами обычное	-
15	8	4	70	-	с обязательной остановкой
16	0	3	80	саморегулируемое	
17	2	2	90	-	кольцевое
18	4	1	100	-	со снижением скорости
19	6	6	50	со светофорами управляемое	-
20	8	5	60	саморегулируемое	-

Указания по обработке результатов.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей по концентрации окиси углерода рассчитывают в мг/м³ по формуле (1) (методика расчета описана выше). Полученный результат сравнивают с ПДК окиси углерода.

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно 5 мг/м³.

Лабораторная работа №3.

Оценка безопасности атмосферы. Факторы, влияющие на состав и качество атмосферы.

Цель: *провести оценку экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки и изучить влияние автотранспорта на состояние и безопасность атмосферы.*

Теоретические сведения.

Атмосфера является одним из необходимых условий существования жизни на Земле, она определяет климат и многие другие факторы существования жизни на планете.

Основной компонент атмосферы – азот (N) – 78,09%, содержание кислорода около 21%, на долю CO₂ приходится 0,03%, остальное – инертные газы: аргон, неон, криптон, гелий и др. Кроме того, в атмосфере всегда есть вода. Очень часто в атмосфере присутствуют посторонние вещества-загрязнители: пыль, аэрозоли, микроорганизмы, химические соединения и т. д., которые оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека, растений, животных, на состояние воды, почвы, архитектурных сооружений и даже климата.

Самыми распространенными загрязнителями являются пыль, окислы углерода – CO и CO₂, окислы серы, азота, углеводороды. Основной путь поступления атмосферных загрязнителей в организм человека – органы дыхания и кожные покровы. Частицы пыли могут вызывать различные заболевания органов дыхания – пылевой бронхит, пневмокониоз, силикоз, асбестоз и др. Поэтому содержание пыли в воздухе рабочих помещений, учебных аудиторий и жилья строго нормируется.

Окислы азота и серы, соединяясь в атмосфере с водой, образуют т.н. кислотные дожди, которые, попадая в почву и гидросферу, изменяют их кислотность, а попадая на кожу человека, вызывают серьезные ожоги.

Соединения хлора и сам хлор поражает органы дыхания человека. Соединения фтора вызывают вымывание кальция из костей и становятся причиной флюорозов. Соли тяжелых металлов – свинец, кадмий, алюминий и др. – обладают общетоксическим действием. Угарный газ (CO) препятствует переносу кислорода кровью. Окислы серы поражают кожу. Различные углеводороды вредны для органов зрения, дыхания, являются сильными наркотическими веществами и обладают достаточно мощным канцерогенным действием. Фенолы, органические сульфиды поражают ЦНС.

Загрязнение атмосферы отрицательно влияет на растительный покров, снижает продуктивность сельскохозяйственных растений. Изменение климата, т.н. «парниковый эффект», состояние озонового экрана Земли также связывают с загрязнением атмосферы.

Основные свойства главных загрязнителей атмосферы представлены в таблице 1.

Для контроля безопасности воздушной среды введен норматив ПДК – предельно допустимая концентрация. ПДК – это количество вредного вещества в среде, практически не влияющая на здоровье человека при постоянном контакте с ним или при воздействии его на организм человека за определенное время практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства.

Различают ПДК – максимальную разовую, среднесуточную дозы, для рабочей зоны и населенного пункта соответственно.

Обобщенной характеристикой веществ – загрязнителей является класс опасности.

По степени воздействия вредных веществ на организм человека выделяют 4 класса опасности: 1 – чрезвычайно опасные; 2 – высоко опасные; 3 – умеренно опасные; 4 – малоопасные.

Таблица 1.

Основные свойства приоритетных загрязнителей атмосферы.

Наименование загрязнителя	Основные его свойства	Источники поступления в атмосферу	ПДК (максимально разовая)	ПДК (среднесуточная)	Класс опасности
Оксид серы (IV) Диоксид серы, сернистый газ SO_2	Бесцветный газ с характерным запахом. Сильно раздражает дыхательные пути.	Сгорание углей, выбросы металлургических и химических предприятий	0,5	0,05	3
Оксид азота (IV) Диоксид азота NO_2	Желтовато-бурого цвета, с характерным запахом, раздражает дыхательные пути	Выхлопные газы, продукт сгорания топлива, мусора, отходы химического производства	0,085	0,04	2
Оксид азота (II) Моноксид азота NO	Бесцветный газ. Проблемы с дыханием, сильная аллергия, осложнения астмы, озноб, потливость, рвота, обмороки.	Выхлопные газы, продукт сгорания топлива, мусора, отходы химического производства	0,4	0,06	3
Оксид углерода (IV) Углекислый газ CO_2	Бесцветный газ без запаха. Отдышка, сухой кашель, ринит, ацидоз (изменение кислотно-щелочного равновесия в	Продукт жизнедеятельности организмов, разложение органических соединений, выбросы предприятий	нет	680	нет

Оксид углерода (II) Угарный газ CO	организме). Бесцветный, ядовитый газ, без запаха. Обладает кумулятивным действием. Угнетает дыхание	Выхлопные газы, выбросы промышленных предприятий	5,0	3,0	4
Углеводороды, нефтепродукты C ₅ – C ₁₁	Бесцветные пары с характерным запахом, обладают наркотическим эффектом	Выхлопные газы. Разлив топлива	100	25	4
Озон O ₃	Газ с характерным запахом. Универсальный клеточный яд.	Образуется в атмосфере в результате фотохимических процессов и реакций (разряд молнии, электросварка и т.д.)	0,16	0,03	4
Хлор Cl ₂	Газ, желто – зеленого цвета с резким запахом, вызывает сильное раздражение дыхательных путей и кожи.	Разлив жидкого хлора. Выбросы промышленных предприятий	0,1	0,03	2
Фтороводород HF	Бесцветный газ с резким запахом. Раздражает дыхательные пути.	Выбросы промышленных предприятий	0,02	0,005	2
Аммиак NH ₃	Газ с резким запахом. Вызывает раздражение дыхательных путей и кожи.	Холодильные установки, выбросы животноводческих комплексов и канализации	0,2	0,04	4
Сероводород H ₂ S	Газ с запахом тухлых яиц. Приводит к коме, судорогам, отёку лёгких и даже к летальному	Выбросы химических и промышленных предприятий, природные минеральные источники.	0,008	нет	2

	исходу.				
Ртуть металлическая Hg	Бесцветные пары без запаха, обладают кумулятивным действием.	Разлив металлической ртути, выбросы промышленных предприятий, сжигание мусора.	нет	0,0003	1

Задание 1. Оценка экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки.

На основании ситуационных задач и табличных коэффициентов опасности веществ-загрязнителей оценить экологическую безопасность территории по критериям аэрогенной нагрузки.

Для этого необходимо рассчитать показатели, характеризующие аэрогенную нагрузку.

1) Рассчитайте выброс конкретного вещества в условных тоннах в год по формуле:

$$M = m_j \cdot A_j,$$

где:

M – приведенная масса годового выброса загрязнителя в усл. т/год;

m_j – масса годового выброса исследуемого вещества, т/год;

A_j – показатель активности (коэффициент опасности) исследуемого вещества-загрязнителя (см. таблицу 2).

2) Проведите критериальную оценку загрязнения и выделите 3 основных, приоритетных загрязнителя атмосферы.

Таблица 2.

Величины коэффициента опасности (относительной активности) веществ, загрязняющих атмосферу.

Вещество (m_j)	Коэффициент опасности (A_j)
Азота двуокись	4,11
Аммиак	10,4
Ангидрид сернистый	22,0
Ацетон	2,22

Бензапирен	12600,0
Ванадия окись	122,5
Водород хлористый	33,9
Водород цианистый	282,0
Кислота уксусная	1,7
Кислота серная	49,0
Ксилол	0,6
Марганец	707,0
Свинец	224,0
Стирол	15,7
Сероводород	54,8
Спирт метиловый	4,12
Спирт этиловый	9,3
Углеводороды	1,26
Углерода окись	1,0
Толуол	0,34
Хлор	89,4
Хром	1000,0
Фенол	31,0
Формальдегид	12,0
Фтор	180,0
Фтористые соединения	980,0
Пыль	33,9
Цементная пыль	100,0

Результаты расчетов и выводы занесите в таблицу 3.

Таблица 3.

Оценка экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки.

№ п/ п	Вещество, загрязняюще е атмосферу	Масс а (мг) (т/год)	Коэффициен т опасности	Масс а усл. т/год	Класс опасност и	Физиологическ ое действие
1						
2						
3						
4						

5						
6						

Варианты заданий.

Вариант	Вещество	Масса(мг) , т/год	Вариант	Вещество	Масса, т/год
1	Пыль	4506,0	17	Пыль	1576,0
	Аммиак	3,67		Свинец	0,3
	Спирт этиловый	308,55		Оксись углерода	13786,6 5
	Оксись углерода	1509,85		Угледороды	29698,0
	Хлор	2,19		Хром	0,17
	Хром	0,07		Ванадия окись	12,7
2	Пыль	1795,0	18	Угледороды	2867,0
	Ксилол	0,71		Хлор	3,37
	Угледороды	23362,0		Фтористые соединения	2,36
	Оксись углерода	9012,33		Пыль	7600,6
	Двуокись азота	1453,64		Ацетон	4,47
	Стирол	1,16		Оксись углерода	1474,57
3	Сероводород	1,04	19	Пыль	2500,0
	Кислота серная	24,55		Угледороды	2958,2
	Сернистый ангидрид	11887,0		Ацетон	3,54
	Оксись углерода	752,66		Оксись углерода	2452,45
	Азота двуокись	2076,57		Хлор	0,85
	Пыль	3888,66		Аммиак	15,21
4	Оксись углерода	633,38	20	Пыль	7403,3
	Формальдегид	0,82		Фтористые соединения	2,24
	Спирт метиловый	1,99		Аммиак	3,40
	Свинец	0,11		Оксись углерода	2442,42

	Кислота серная	29,56			Фенол	29,4
	Пыль	4322,78			Этиловый спирт	364,65
5	Оксид углерода	1888,92		21	Пыль	3488,8
	Свинец	0,99			Сернистый ангидрид	764,55
	Ангидрид сернистый	221,47			Фенол	4,44
	Бензопирен	0,03			Формальдегид	1,74
	Марганец	10,04			Кислота серная	24,34
	Пыль	1467,5			Аммиак	5,74
6	Пыль	1676,0		22	Пыль	4606,0
	Свинец	0,29			Аммиак	3,66
	Оксид углерода	13686,65			Спирт этиловый	306,55
	Углероды	29898,0			Оксид углерода	1509,65
	Хром	0,18			Хлор	2,16
	Ванадия окис	12,58			Хром	0,06
7	Углероды	2767,0		23	Пыль	1755,0
	Хлор	3,77			Ксилол	0,75
	Фтористые соединения	2,26			Углероды	23352,0
	Пыль	7700,6			Оксид углерода	9015,33
	Ацетон	4,45			Двуокись азота	1453,65
	Оксид углерода	1454,57			Стирол	1,15
8	Пыль	2600,0		24	Сероводород	1,14
	Углероды	2928,2			Кислота серная	24,15
	Ацетон	3,44			Сернистый ангидрид	11187,0
	Оксид углерода	2442,45			Оксид углерода	751,66
	Хлор	0,88			Азота двуокись	2071,57
	Аммиак	13,21			Пыль	3881,66
	Пыль	7603,3			Оксид	643,38

9			25	углерода	
	Фтористые соединения	2,22		Формальдегид	0,84
	Аммиак	3,00		Спирт метиловый	1,94
	Оксид углерода	2452,42		Свинец	0,14
	Фенол	29,9		Кислота серная	29,54
	Этиловый спирт	368,65		Пыль	4324,78
10	Пыль	3688,8	26	Оксид углерода	1858,92
	Сернистый ангидрид	768,55		Свинец	0,95
	Фенол	4,04		Ангидрид сернистый	226,47
	Формальдегид	1,70		Бензопирен	0,06
	Кислота серная	24,38		Марганец	10,06
	Аммиак	5,76		Пыль	1466,5
11	Пыль	4606,0	27	Пыль	1776,0
	Аммиак	3,57		Свинец	0,27
	Спирт этиловый	309,55		Оксид углерода	13786,65
	Оксид углерода	1609,85		Углеводороды	29798,0
	Хлор	2,35		Хром	0,16
	Хром	0,08		Ванадий оксид	17,58
12	Пыль	1895,0	28	Углеводороды	2797,0
	Ксилол	0,77		Хлор	3,79
	Углеводороды	23462,0		Фтористые соединения	2,96
	Оксид углерода	9035,33		Пыль	7709,6
	Двуокись азота	1464,64		Ацетон	4,49
	Стирол	1,18		Оксид углерода	1494,57
13	Сероводород	1,07	29	Пыль	2800,0
	Кислота серная	25,55		Углеводороды	2988,2
	Сернистый	11987,0		Ацетон	3,448

	ангидрид				
	Окись углерода	762,66		Окись углерода	2482,45
	Азота двуокись	2016,57		Хлор	0,85
	Пыль	3878,66		Аммиак	13,51
14	Окись углерода	1898,92	30	Пыль	7503,3
	Свинец	0,99		Фтористые соединения	2,25
	Ангидрид сернистый	225,47		Аммиак	3,050
	Бензопирен	0,04		Окись углерода	2455,42
	Марганец	11,04		Фенол	25,9
	Пыль	1447,5		Этиловый спирт	365,65
15	Пыль	2800,0	31	Пыль	1895,0
	Углеводо-роды	2988,2		Ксилол	0,77
	Ацетон	3,448		Углеводо-роды	23462,0
	Окись углерода	2482,45		Окись углерода	9035,33
	Хлор	0,85		Двуокись азота	1464,64
	Аммиак	13,51		Стирол	1,18
16	Пыль	1776,0	32	Углеводо-роды	2767,0
	Свинец	0,27		Хлор	3,77
	Окись углерода	13786,65		Фтористые соединения	2,26
	Углеводо-роды	29798,0		Пыль	7700,6
	Хром	0,16		Ацетон	4,45
	Ванадия окись	17,58		Окись углерода	1454,57

Задание 2. Изучить влияние автотранспорта на состояние и безопасность атмосферы.

В настоящее время автотранспорт является одним из основных загрязнителей атмосферы. В общем загрязнении атмосферы

населенных пунктов угарным газом (СО) и окислами азота доля транспортного загрязнения составляет более 60% и 50% соответственно. Хорошо известны последствия отрицательного воздействия на организм человека основных загрязнителей воздуха, попадающих в атмосферу из выхлопных газов автомобилей.

Порядок работы:

1. Выберите участок автодороги непрерывного движения вблизи учебного заведения, дома, места отдыха или перекресток главной и второстепенной улицы.

2. Определите количество автомобилей, проходящих по данному участку в течение 1 часа.

3. Затем, используя формулу:

$$C_{CO} = 1,53 \times N^{0,368},$$

определите концентрацию СО в мг/м³ в воздухе автодороги на краю обочины. Величину $N^{0,368}$ – следует взять в таблице 4, исходя из количества автомашин, проходящих по дороге за 1 час.

4. Для определения концентрации СО на перекрестке главной и второстепенной дорог используется формула:

$$C_{CO \text{ перекрестка}} = C_{CO} \times \left(1 + \frac{N1}{N2}\right),$$

где C_{CO} - концентрация СО в мг/м³ на главной дороге, $N1$ и $N2$ – количество автомобилей, проезжающих по главной и второстепенной улице соответственно за 1 час, авто/час (показатели интенсивности движения).

Полученные вами данные сравните с максимально разовым ПДК для СО (ПДК_{мр} для СО = 5 мг/м³), и сделайте соответствующие выводы.

Таблица 4

Значение коэффициента $N_{0,368}$

Число автомобилей	Коэффициент	Число автомобилей	Коэффициент
1	1	180	6,76
10	2,33	190	6,90
20	3,01	200	7,03
30	3,5	250	7,63
40	3,89	300	8,16
50	4,22	350	8,63
60	4,51	400	9,07
70	4,78	450	9,47
80	5,02	500	9,85
90	5,24	550	10,2
100	5,45	600	10,53
110	5,65	650	10,84
120	5,82	700	11,14
130	6,0	800	11,74
140	6,16	850	11,97
150	6,32	900	12,22
160	6,47	950	12,47
170	6,62	1000	12,71

Результаты расчетов занесите в таблицу 5.

Выводы по работе.

Сделайте развернутый вывод на основании полученных данных о степени загрязнения атмосферы в изучаемом месте.

Таблица 5

Количество CO , поступающего в атмосферу от автотранспорта на территории ...

Место замера	Число автомобилей за 1 час	Коэффициент $N_{0,368}$	Концентрация CO
На главной дороге			
На второстепенной дороге			
На перекрестке			

Варианты заданий.

№ варианта	На главной дороге	На второстепенной дороге	На перекрестке
1	300	150	200
2	400	250	250
3	350	110	300
4	600	190	550
5	750	250	600
6	800	300	650
7	200	50	150
8	130	30	60
9	90	20	30
10	750	140	500
11	50	20	30
12	250	100	150
13	900	450	750
14	70	40	30
15	850	300	650
16	250	90	100
17	100	50	70
18	40	10	10
19	80	30	40
20	1000	500	700
21	60	30	40
22	700	400	600
23	200	70	150
24	450	190	350
25	60	20	40
26	750	150	550
27	600	200	450
28	80	20	40
29	110	10	50
30	550	130	350
31	170	80	120
32	180	90	140
33	80	30	40
34	1000	500	700
35	60	30	40

Лабораторная работа №4.

Методика расчета выбросов оксида углерода, углеводорода, оксидов азота, серы, сажи и свинца от автотранспорта.

Цель: *овладение методикой расчета выброса вредных веществ от автотранспорта.*

Теоретические сведения.

Эксплуатация автомобилей связана со значительным загрязнением окружающей среды отработавшими газами. Доля вредных компонентов отработавших газов в общем объеме атмосферных загрязнений газами достигает 90 %. Особенно негативное воздействие автомобильного транспорта проявляется в крупных городах.

В состав отработавших газов входят токсичные и поэтому наиболее опасные для здоровья человека: окись углерода, окислы (окись и двуокись) азота, углеводороды, альдегиды (формальдегид и акролеин), соединения серы, ядовитый свинец и его соединения, сажа и канцерогенное вещество бенз(а)пирен. Транспортные источники загрязнения атмосферы обладают рядом специфических особенностей, учет которых необходим на любом уровне рассмотрения проблемы. По существующей классификации их можно отнести к линейным наземным непрерывно действующим источникам с переменной мощностью выброса, расположенных непосредственно в жилых районах города. Особую опасность для окружающей среды эти источники создают тем, что выброс осуществляется в приземном слое воздуха на очень небольшой высоте (менее одного метра). Наиболее опасными для здоровья человека в выбросах автомобильного транспорта являются вещества канцерогенного характера. К ним относятся свинец, некоторые полициклические углеводороды

(бенз(а)пирен). Свинец образуется при сгорании тетраэтилсвинца (ТЭС) в двигателях внутреннего сгорания, который используется как антидетонатор для повышения октанового числа бензина. Максимальное содержание в бензине составляет 0,25 г/кг (0,37 г/л). Если легкие фракции загрязнителей могут перемещаться на дальние расстояния, рассеиваясь на больших площадях, то соединения свинца выпадают локально. Таким образом, в результате движения автотранспорта происходит загрязнение свинцом почвы и растительности придорожной полосы. Многочисленные исследования показывают, что до 70 % свинца накапливается в верхнем 10-сантиметровом слое почвы в полосе до 60 м от полотна дороги. По мере удаления количество свинца в почве постепенно снижается, хотя и прослеживается на расстоянии до 300 м. от полотна дороги. При этом распространение свинца зависит от наличия и плотности зеленых насаждений - чем она выше, тем меньше его в почве, а также наличия различных препятствий. Фоновое содержание свинца в воздухе колеблется от 10 до 60 нг/м³, а в почве вдоль дорог доходит до 10 мг/кг. В то же время предел допустимой концентрации (ПДК) свинца в воздухе населенных пунктов установлен 0,007 мг/м³. Токсичные вещества попадают в атмосферу не только в составе отработавших газов. Токсичными являются и сами углеводородные топлива. Особенно бензины, точнее их пары, выходящие из отверстий топливных баков и карбюратора, а также картерные газы двигателя. Предельно допустимая среднесуточная концентрация паров бензина - 1,5 мг/м³. Однако автотранспорт является еще и мощным источником выделения аэрозолей, которые формируются по двум разным механизмам: -первая часть аэрозолей поступает в атмосферу города в результате неполного сгорания топлива в двигателях (особенно в

дизелях) транспортных средств. При этом выделяется тонкодисперсный аэрозоль сажи. В составе сажи, выбрасываемой двигателем, есть и полициклические углеводороды, обладающие канцерогенным и мутагенным действием (около 75 % мутагенов адсорбируются именно на саже), что сильно повышает ее агрессивность; -вторая часть аэрозоля формируется в результате взаимодействия шин автомобиля и воздушного потока, создаваемого им, с поверхностью дороги. Таким образом, автомобильные дороги крупного города являются мощным источником как первичного, так и вторичного выделения веществ загрязнителей в атмосферу.

Расчет выбросов от автомобильного транспорта.

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

$$M_{ij} = m_{ij} * L_{\text{общ}}^N * 10^{-6} \quad (1)$$

где m – приведенный пробеговой выброс г/км ij

$$m_{ij} = m_i * K_{\text{гi}} * K_{\text{ti}} \quad (2)$$

m_i – пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км;

$K_{\text{гi}}$ – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов;

K_{ti} – коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего;

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

Суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается по следующей схеме:

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_t^n L_{\text{сез}}^N = \sum_t^n v_{\text{авт}} t_g N_{\text{сез}}^N \quad (3)$$

где $V_{\text{авт}}$ - скорость движения транспортных средств;

$L_{\text{сез}}^N$ – число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон;

$N_{\text{сез}}^N$ – время движения автотранспортного средства по данной улице, которое рассчитывается по формуле:

$$t_g = \frac{L}{v_{\text{авт}}} \quad (4)$$

где L – длина улицы, км. Исходя из уравнений (3) и (4), суммарный годовой пробег автомобилей будет рассчитываться по формуле:

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_t^n L N_{\text{сез}}^N \quad (5)$$

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

$$N_{\text{сез}}^N = t (N_y + N_o + N_v + N_n) n \quad (6)$$

t – время, 6 часов

n – количество дней в сезоне

Значения приведенного пробегового выброса i -го загрязняющего вещества данным типом транспортных средств приведен в таблице 4.

Таблица 4 Приведенный пробеговой выброс для различных видов автотранспорта.

Тип транспорта	Примеси	Пробеговой выброс, г/кг	Коэффициенты			Приведенный пробеговой выброс, г/км
			$K_{\text{гi}}$	$K_{\text{тi}}$	$K_{\text{нi}}$	
	CO	13,0	0,87	1,75	-	19,8
	NO ₂	1,5	0,94	1,0	-	1,4

Легковые	CH	2,6	0,92	1,48	-	3,5
	SO ₂	0,076	1,15	1,15	-	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	-	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO ₂	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO ₂	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
	Pb	0,023	1,15	1,15	1,19	0,04
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO ₂	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO ₂	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5
	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
Автобусы бензиновые	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO ₂	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO ₂	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
	Pb	0,037	1,15	1,1	1,3	0,1
Автобусы дизельные	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO ₂	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO ₂	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Пример расчета пробега легкового автотранспорта для улицы Лермонтова (зима) приведен ниже:

$$N_{\text{зим}}^N = 6 \text{ ч.} \times 1,65 \text{ км} \times (150 + 108 + 135 + 6) \times 91 = 359459 \text{ км}$$

Количество выбросов угарного газа за сезон составляет:

$$M_{CO} = 359459 \text{ км} \times 19,8 \text{ г/км} \times 10^{-6} = 7,1 \text{ т/сезон}$$

Расчет категории опасности автомобильного транспорта.

Категорию опасности автомобильного транспорта рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия:

$$КОА = \sum_1^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right) a_i \quad (7)$$

Для расчета КОА при отсутствии ПДК_{сс} используют значения ПДК_{мр}, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимой концентрации для рабочей зоны.

Расчет категории опасности дороги.

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли (M_n), а пылеобразование на дорогах можно количественно описать через категорию опасности дороги (КОД), которая будет связана с количеством выбросов уравнением:

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{CV^y}{ПДК_n} \quad (8)$$

где C – концентрация пыли в воздухе улицы,

V^y – объем воздуха, в котором рассеяна пыль.

Количество пыли, выбрасываемое N -ым количеством автомобилей i -го класса, проходящих над поверхностью S_A рассчитывается по формуле:

$$M_a^y = \psi_i * S_{Ai} * N_i \quad (9)$$

где S_A – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, m^2 ; ψ – сдуваемость пыли, $mg/(cm^2 \cdot c)$; N_i – интенсивность движения автомобилей i -го класса.

Значения удельной сдуваемости для различных транспортных

средств представлены в таблице 5.

Таблица 5.

Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств.

Тип АТС	Значения удельной сдуваемости, мг/с
Легковой	240
Грузовой	516
Автобусы	541

Объем воздуха, в котором распределяется пыль, рассчитывается через постоянный объем атмосферы (V^y_0), определяемый площадью улицы (S) и высотой приземного слоя (h), и его прирост (ΔV), создаваемый диффузионными процессами и определяется по формуле:

$$V^y = V^y_0 + \Delta V = Sh + \Delta V \quad (10)$$

Для случая, когда в атмосфере наблюдаются застойные явления ($v=0-3$ м/с) прирост определяется через увеличение высоты приземного слоя:

$$\Delta V = [2(L * h) + S] * v_{\text{диф}} * t \quad (11)$$

Вероятность таких погодных условий составляет 45%.

Расчет категории опасности улицы.

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения, используется категория опасности улицы (КОУ), которую следует определять через опасность (выбросы) автомобиля и качественные характеристики автомобильной дороги, то есть:

$$КОУ = КОА + КОД \quad (12)$$

Форма отчета о выполненной работе.

Содержание отчета включает в себя исходное задание,

формулы и результаты расчетов. Результаты включают в себя:

1) расчет массы загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом на данной улице, таблицу по суммарному выбросу вредных веществ (таблица 6);

Таблица 6.

Количество загрязняющих веществ, выбрасываемое автотранспортом на данной улице.

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

2) расчет КОА, таблицу с результатами КОВ для различного вида транспорта (таблица.7);

Таблица 7.

Значения категории опасности вещества для различного вида автотранспорта.

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Значения КОВ, м3/с					КОА, м3/с
		CO	CH	NO _x	SO ₂	Pb	Сажа
	Легковые						
	Грузовые						
	Автобусы						
	Всего						

3) выводы;

Варианты заданий для расчета категории опасности улицы.

Название улицы	Наименование автомобилей	Интенсивность движения по сезонам, авт./час				Длина улицы, м
		зима	весна	лето	осень	
Улица 1	Легковые	500	600	700	750	2000
	Грузовые	350	450	500	400	
	Автобусы	150	150	100	250	
	Всего	1000	1200	1300	1400	
Улица 2	Легковые	550	550	750	800	2500
	Грузовые	370	400	320	340	
	Автобусы	250	330	300	310	
	Всего	1120	1280	1370	1450	
Улица 3	Легковые	900	780	820	1000	3000
	Грузовые	200	360	410	390	
	Автобусы	150	200	230	190	
	Всего	1250	1340	1460	1580	
Улица 4	Легковые	930	1030	840	1010	3500
	Грузовые	330	320	390	410	
	Автобусы	150	190	230	160	
	Всего	1410	1540	1460	1580	
Улица 5	Легковые	1200	1330	1450	1370	4000
	Грузовые	370	370	390	330	
	Автобусы	130	200	160	100	
	Всего	1700	1900	2000	1800	
Улица 6	Легковые	830	860	910	940	4500
	Грузовые	100	110	115	120	
	Автобусы	70	80	75	90	
	Всего	1000	1050	1100	1150	
Улица 7	Легковые	945	915	970	905	5000
	Грузовые	130	145	120	115	
	Автобусы	105	90	110	60	
	Всего	1180	1150	1200	1080	
Улица 8	Легковые	1110	1050	1150	1010	5500
	Грузовые	90	120	140	180	
	Автобусы	10	80	60	20	
	Всего	1210	1250	1350	1210	
Улица 9	Легковые	1080	1210	1280	990	6000
	Грузовые	170	130	100	220	
	Автобусы	30	40	20	20	
	Всего	1280	1380	1400	1230	
Улица 10	Легковые	1020	1050	1100	980	6500
	Грузовые	200	110	300	160	
	Автобусы	80	90	100	90	
	Всего	1300	1350	1500	1250	
Улица 11	Легковые	700	720	800	780	7000
	Грузовые	130	140	160	105	
	Автобусы	10	20	40	15	
	Всего	840	880	1000	900	
Улица 12	Легковые	705	810	840	690	7500
	Грузовые	150	190	165	240	

	Автобусы	35	50	55	50	
	Всего	890	1050	1060	980	
Улица 13	Легковые	785	815	860	905	8000
	Грузовые	90	200	190	110	
	Автобусы	45	65	70	55	
	Всего	920	1080	1120	1070	
Улица 14	Легковые	950	960	1000	910	8500
	Грузовые	100	105	135	80	
	Автобусы	50	65	85	20	
	Всего	1100	1130	1220	1010	
Улица 15	Легковые	925	955	1105	965	9000
	Грузовые	110	125	130	175	
	Автобусы	55	60	65	60	
	Всего	1090	1140	1300	1200	
Улица 16	Легковые	13	15	18	14	9500
	Грузовые	7	6	5	9	
	Автобусы	2	4	5	3	
	Всего	22	25	28	26	
Улица 17	Легковые	16	20	22	15	10000
	Грузовые	7	9	11	7	
	Автобусы	5	6	5	4	
	Всего	28	35	38	36	
Улица 18	Легковые	17	31	35	32	10500
	Грузовые	9	8	10	10	
	Автобусы	6	6	3	4	
	Всего	32	45	48	46	
Улица 19	Легковые	30	36	39	33	11000
	Грузовые	9	15	16	18	
	Автобусы	3	4	3	4	
	Всего	42	55	58	56	
Улица 20	Легковые	37	40	42	38	11500
	Грузовые	13	15	18	17	
	Автобусы	5	6	4	5	
	Всего	55	61	64	60	

Лабораторная работа №5.

Комплексная оценка качества атмосферы промышленного предприятия и города.

Цель: *овладение методикой комплексной оценки качества атмосферы промышленного предприятия и города.*

Теоретические сведения.

В настоящее время известно немало различных подходов и показателей, применяемых для оценки загрязненности атмосферного воздуха. Для оценки степени загрязнения атмосферы, средние и максимальные концентрации веществ относят к величине средней (максимальной) концентрации вещества – токсиканта или к санитарно–гигиеническому нормативу, например, к предельно допустимой концентрации (ПДК).

Нормированные характеристики загрязнения атмосферы иногда называют индексом загрязнения атмосферы ИЗА, который является комплексной оценкой влияния вредных веществ на окружающую среду.

Такие характеристики не дают полного представления о характере загрязнения атмосферы городов, а также не учитывают суммарного загрязнения атмосферного воздуха, класса опасности вредных веществ, характера комбинированного действия вредных примесей, совместно присутствующих в воздухе.

Для оценки степени воздействия крупных и мелких предприятий на атмосферу города используют категорию опасности предприятия (КОП), которая оценивает объем воздуха, необходимый для разбавления выбросов (M_i) i -го вещества над территорией предприятия до уровня ПДК $_i$. В свою очередь, качество атмосферы города можно оценить через категорию опасности города (КОГ),

физический смысл которой заключается в некотором условном объеме загрязненного воздуха от всех предприятий города, который разбавлен до ПДК и приведен к одной токсичности.

Расчет загрязнения атмосферы выбросами от промышленных предприятий.

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками, с учетом их токсичности. КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

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

где: m – количество загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием;

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

M_i – масса выбросов i -ой примеси в атмосферу, $\text{мг}/\text{с}$;

ПДК_i – среднесуточная ПДК i -го вещества в атмосфере населенного пункта, $\text{мг}/\text{м}^3$;

α_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (таблица 8).

Таблица 8. Значения коэффициента α_i для загрязняющих веществ разных классов опасности.

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

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

$\frac{M_i}{\text{ПДК}_i} < 1$ значения КОП не рассчитываются и приравниваются к нулю.

Для расчета КОП при отсутствии ПДКсс используют значения ПДК_{мр}, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с граничными условиями, приведенными в таблице 9.

Таблица 9. Граничные условия для деления предприятий по категории опасности.

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

Форма отчета о выполненной работе.

Отчет о выполненной работе оформляется в виде реферата с титульным листом. Содержание отчета включает в себя исходное задание (из приложения 3), формулы и результаты расчетов.

Результаты включают в себя:

1) расчет КОП, таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятий по КОВ и массе выбросов;

Таблица 10. Результаты ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов.

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/год	%		
Диоксид азота				
Диоксид серы				
Оксид углерода				
Пыль				

Всего				
-------	--	--	--	--

Таблица 11. Результаты ранжирования загрязняющих веществ по категории опасности.

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения КОВ		Ранг
	м³/с	%	
Суммарный по предприятию			
Диоксид азота			
Диоксид серы			
Пыль			
Оксид углерода			

2) выводы.

Пример расчета.

Исходные данные:

Таблица 12. Количество выбросов загрязняющих веществ.

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/год	%		
Диоксид азота	3,521	16,46	3	Комбикормовый завод
Диоксид серы	1,136	5,31	4	
Оксид углерода	12,643	59,1	1	
Пыль	4,092	19,13	2	
Всего	21,392	100		

Таблица 13. ПДКсс и класс опасности для используемых загрязнителей

Показатель	ПДКсс, мг/м³	Класс опасности
Диоксид азота	0,04	2
Сероводород	0,008	2
Диоксид серы	0,05	3
Пыль	0,15	3
Оксид углерода	3	4

Выполнение:

$$KOB_{NO_2} = \left(\frac{3,521 * 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 30155 = 3,0155 * 10^4 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$KOB_{SO_2} = \left(\frac{1,136 * 31,7}{0,05} \right)^{1,0} = 720,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$KOB_{пыль} = \left(\frac{4,092 * 31,7}{0,15} \right)^{1,0} = 866,7 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$KOB_{CO} = \left(\frac{12,643 * 31,7}{3} \right)^{0,9} = 81,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

Расчет категории опасности предприятия:

$$КОП = 3,0155 * 10^4 + 720,2 + 866,7 + 81,9 = 3,19 * 10^4 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таблица 14. Ранжирование выбросов по категории опасности.

Показатель	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения КОВ		Ранг
	м ³ /с	%	
Суммарный по предприятию	3,19·10 ⁴	100	
Диоксид азота	3,0155·10 ⁴	94,56	1
Диоксид серы	720,2	2,35	3
Пыль	866,7	2,82	2
Оксид углерода	81,9	0,27	4

Вывод: приоритетным загрязняющим веществом по массе выбросов на комбикормовом заводе являются основные продукты неполного сгорания топлива - угарный газ – 59,1% и диоксид азота - 16,5%, а также пыль -19,1%.

Приоритетным загрязняющим веществом по категории опасности вещества на комбикормовом заводе является наиболее токсичное соединение - диоксид азота (94,56%). Затем следуют вещества третьего класса опасности: пыль (2,82%) и диоксид серы (2,35%). На последнем месте находится соединение четвертого класса опасности – оксид углерода (0,27%). То есть, приоритетным

загрязняющим веществом на комбикормовом заводе по массе выбросов является оксид углерода, а по категории опасности вещества – диоксид азота.

Комбикормовый завод– предприятие III категории опасности.

Варианты заданий для расчета категории опасности предприятий.

Вариант	Вещества	Масса выбросов, т/год	Предприятие
1	Диоксид азота	3956,3	Предприятие 1
	Диоксид серы	2075,0	
	Оксид углерода	7751,07	
	Пыль летучая (зола)	0,19	
	Пыль известковая	0,88	
	Оксид марганца	0,0015	
2	Диоксид азота	3039,0	Предприятие 2
	Оксид азота	494,0	
	Оксид марганца	0,005	
	Диоксид серы	405,0	
	Оксид углерода	1503,0	
	Мазутная зола (на ванадий)	0,763	
3	Диоксид азота	566,2	Предприятие 3
	Диоксид серы	20642,1	
	Оксид углерода	33427,4	
	Сероводород	173,1	
	Углеводороды (по метану)	841,1	
	Пыль серы	100,1	
4	Диоксид азота	1118,1	Предприятие 4
	Диоксид серы	1744,07	
	Оксид углерода	1002,1	
	Сероводород	7,3	
	Метанол	102,1	
	Сажа	85,3	
5	Диоксид азота	928,1	Предприятие 5
	Сероводород	0,003	
	Оксид углерода	364,2	
	Углеводороды	831,2	
	Пыль металлическая	0,156	
	Оксид углерода	4002,4	

6	Диоксид азота	213,5	Предприятие 6
	Диоксид серы	11,7	
	Оксид углерода	800,2	
	Углеводороды	1238,3	
	Пыль (сод. $\text{Si}_2\text{O}_3 > 70\%$)	0,3	
	Сероводород	0,02	
7	Диоксид азота	186,0	Предприятие 7
	Диоксид серы	2,7	
	Оксид углерода	551,7	
	Мазутная зола	0,3	
	Углеводороды	0,01	
	Фтористый водород	0,003	
8	Диоксид азота	10,1	Предприятие 8
	Диоксид серы	259,3	
	Оксид углерода	82,1	
	Сероводород	0,3	
	Углеводороды	6,7	
	Сажа	1,7	
9	Диоксид азота	57,7	Предприятие 9
	Диоксид серы	11,6	
	Оксид углерода	58,6	
	Мазутная зола	0,04	
	Углеводороды	21,7	
	Сажа	0,9	
10	Диоксид азота	31,1	Предприятие 10
	Диоксид серы	0,5	
	Оксид углерода	97,9	
	Пыль (сод. $\text{Si}_2\text{O}_3 > 70 \%$)	122,6	
	Формальдегид	0,21	
	Оксид марганца	0,02	
11	Диоксид азота	21,8	Предприятие 11
	Диоксид серы	0,8	
	Оксид углерода	65,2	
	Пыль (Si_2O_3 от 20 до 70 %)	44,2	
	Пыль древесная	4,7	
	Углеводороды	2,0	
12	Диоксид азота	127,8	Предприятие 12
	Диоксид серы	16,51	
	Оксид углерода	626,8	
	Углеводороды	310,2	

	Пыль	1,03	
	Толуол	1,5	
13	Диоксид азота	7503,1	Предприятие 13
	Диоксид серы	10630,1	
	Оксид углерода	80038,2	
	Сероводород	157,1	
	Пыль каменноугольная	1166,1	
	Пыль коксовая	558,3	
14	Диоксид азота	58,3	Предприятие 14
	Диоксид серы	547,3	
	Сероводород	5,4	
	Оксид углерода	155,3	
	Пыль	235,0	
	Оксид хрома	131,1	
15	Диоксид азота	12,1	Предприятие 15
	Диоксид серы	0,037	
	Оксид углерода	39,47	
	Пыль	70,55	
	Серная кислота	16,5	
	Углеводороды (по метану)	15809,5	
16	Диоксид азота	247,0	Предприятие 16
	Диоксид серы	3446,3	
	Оксид углерода	617,1	
	Углеводороды (по метану)	18709,1	
	Пыль неорганическая	71,3	
	Сероводород	70,1	
17	Диоксид азота	549,5	Предприятие 17
	Диоксид серы	873,08	
	Оксид углерода	15,3	
	Углеводороды (по метану)	263,4	
	Пыль формовочная	392,2	
	Оксид железа	2,5	
18	Диоксид азота	207,1	Предприятие 18
	Диоксид серы	47,9	
	Ксилол	48,13	
	Бензол	21,77	
	Сварочный аэрозоль	5,3	
	Аэрозоль краски	15,1	
	Диоксид азота	73,8	
	Диоксид серы	27,3	

19	Оксид углерода	25,1	Предприятие 19
	Сероводород	0,3	
	Зола	55,1	
	Оксид ванадия	0,009	
20	Диоксид азота	5,8	Предприятие 20
	Диоксид серы	6,9	
	Оксид углерода	123,3	
	Углеводороды	7,3	
	Сварочный аэрозоль	21,5	
	Пыль неорганическая	1678,4	
21	Диоксид азота	58,3	Предприятие 21
	Диоксид серы	547,3	
	Сероводород	5,4	
	Оксид углерода	155,3	
	Пыль	235,0	
	Оксид хрома	131,1	
22	Диоксид азота	247,0	Предприятие 22
	Диоксид серы	3446,3	
	Оксид углерода	617,1	
	Углеводороды (по метану)	18709,1	
	Пыль неорганическая	71,3	
	Сероводород	70,1	
23	Диоксид азота	928,1	Предприятие 23
	Сероводород	0,003	
	Оксид углерода	364,2	
	Углеводороды	831,2	
	Пыль металлическая	0,156	
	Оксид углерода	4002,4	
24	Диоксид азота	207,1	Предприятие 24
	Диоксид серы	47,9	
	Ксилол	48,13	
	Бензол	21,77	
	Сварочный аэрозоль	5,3	
	Аэрозоль краски	15,1	
25	Диоксид азота	127,8	Предприятие 25
	Диоксид серы	16,51	
	Оксид углерода	626,8	
	Углеводороды	310,2	
	Пыль	1,03	
	Толуол	1,5	

Лабораторная работа №6.

Определение размера вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров на свалках с ТБО.

Цель: определить размер вреда от пожара на свалке с твердыми бытовыми отходами.

Теоретические сведения.

Определение размера вреда осуществляется при выявлении фактов нарушения требований в области охраны окружающей среды в результате пожаров, в том числе на основе информации, представляемой органами Государственной противопожарной службы.

Оценка размера вреда окружающей среде производится по таксам, приведенным в таблице 15, с учетом понесенных убытков, неучтенных при их определении.

Подсчет убытков, причиненных загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров и неучтенных в таксах, осуществляется посредством расчета затрат города на оценку вреда, а также иных затрат, которые могут возникнуть в связи с проведением мероприятий по локализации и ликвидации негативных последствий загрязнения атмосферного воздуха и осуществлением компенсационных выплат (затрат на расследование пожара, в случае возникновения таковых; затрат на восстановление принадлежащего городу имущества и качества нарушенных компонентов окружающей среды города; затрат, связанных с временным отселением и эвакуацией людей с загрязненной территории и иных фактически возникших убытков города).

При определении величины убытков могут учитываться все недополученные доходы и убытки города, возникающие в результате

загрязнения атмосферного воздуха, включая проценты на суммы бюджетных и привлеченных денежных средств города, отвлекаемых на оценку размера вреда, ликвидацию негативных последствий и расходов города, связанных с ликвидацией чрезвычайных ситуаций (эвакуации жителей, локализации газового облака и т.д.), которые могли быть получены при использовании их в иных целях.

Затраты, необходимые для определения размера вреда окружающей среде, исчисляются на основе данных о стоимости основных видов работ и (или) на основании данных о фактически произведенных расходах по определению размера причиненного вреда.

К расходам, необходимым для оценки вреда, относятся затраты на проведение следующих работ:

- определение состава и количества горючей среды, участвовавшей в горении при пожаре;
- определение размеров поверхности выброса загрязняющих веществ при пожаре;
- определение продолжительности выброса загрязняющих веществ при пожаре;
- отбор проб и проведение лабораторных анализов содержания компонентов в пробах;
- оценка распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;
- составление смет на выполнение работ по ликвидации вреда и его последствий;
- проведение оценки вреда и подсчета убытков;
- проведение иных видов работ, выполнение которых связано с оценкой вреда и подсчетом убытков.

Таксы для исчисления размера вреда и убытков, причиненных

окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров, приведенные в таблице 1, установлены с учетом затрат на восстановление окружающей среды, приравненных к затратам на противопожарную защиту, очистку выбросов и убытков города, обусловленных заболеваемостью населения в результате загрязнения воздуха.

**Порядок определение размера вреда, причиненного
окружающей
среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров
на свалках с ТБО**

1. Определение массы выгоревших веществ и материалов при пожаре.

Масса выгоревших веществ и материалов M_i определяется по исходным данным, полученным при обследовании объекта пожара в результате пожарно-технической экспертизы; отчетной документации; Государственной системы статистического учета пожаров.

Если известно количество сгоревшего материала (или материалов) в результате пожара, то при определении M_i используют фактические данные.

Если известна площадь пожара S , плотность горючего вещества p_i и глубина выгорания h , то количество сгоревшего вещества или материала M_i находят по формуле:

$$M_i = S \cdot p_i \cdot h, \quad (1)$$

где:

M_i - количество сгоревшего вещества или материала, т;

S - площадь пожара, m^2 ;

p_i - плотность горючего вещества, kg/m^3 ;

h - глубина выгорания, м.

2. Определение приведенного удельного вреда.

Приведенный удельный вред B_i рассчитывается по формуле:

$$B_i = \sum_{j=1}^Z (H_j \cdot m_{ji}), \quad (2)$$

где:

B_i - приведенный удельный вред, который определяется размером вреда, обусловленным сгоранием единицы массы горючего материала с учетом состава выброса соответствующих загрязняющих веществ (продуктов горения) при пожаре, руб./тгор;

i - наименование горючего материала или вещества, сгоревшего при пожаре, безразмерный;

j - наименование загрязняющего вещества (продукта горения), безразмерный;

Z - количество загрязняющих веществ (продуктов горения), выделяющихся в атмосферу при сгорании горючих веществ и материалов во время пожара, т;

H_j - такса для исчисления размера вреда и убытков от загрязнения атмосферного воздуха j -м загрязняющим веществом (продуктом горения), определяется по таблице 1, руб./т;

m_{ji} - удельная масса j -го загрязняющего вещества (продукта горения), поступившего в атмосферный воздух при горении i -го горючего материала, участвующего в горении при пожаре, определяется по таблице 2, т/тгор.

3. Определение размера вреда окружающей среде, причиненного загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров.

Вред окружающей среде, причиненный загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров, рассчитывается по формуле:

$$B_{э-э} = \left(\sum_{i=1}^N M_i \cdot B_i \right) \cdot K_{ин} + Z_0, \quad (3)$$

где:

$B_{э-э}$ - вред окружающей среде, причиненный загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров;

N - количество горючих веществ и материалов, участвующих в горении при пожаре, т;

i - наименование горючего материала или вещества, сгоревшего при пожаре, безразмерный;

M_i - масса i -го горючего материала или вещества, сгоревшего при пожаре, тгор;

$K_{ин}$ - коэффициент индексации, определяемый уровнем инфляции, установленный Правительством Российской Федерации по отношению к году, предшествующему году оценки, безразмерный;

B_i - приведенный удельный вред, который определяется размером вреда, обусловленным сгоранием единицы массы горючего материала с учетом состава выброса соответствующих загрязняющих веществ (продуктов горения) при пожаре, руб./тгор;

Z_0 - затраты на проведение оценки причиненного вреда, определяются по фактическим затратам, включая затраты на проведение лабораторных анализов, руб.

Пример расчета вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров.

Во время пожара на несанкционированной свалке твердых бытовых отходов (ТБО) произошло загрязнение атмосферного воздуха продуктами горения. По данным пожарно-технической экспертизы установлено, что площадь пожара S составила 200 м^2 , а глубина прогорания h равна 1 м . Плотность ТБО ($\rho_{\text{тбо}}$) = $0,25 \text{ т/м}^3$. Необходимо

определить размер вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха при горении ТБО без учета убытков.

1. Определение сгоревшей массы ТБО:

Масса сгоревших ТБО M_i определяется по формуле (1).

$$M_i = S \cdot h \cdot \rho_{\text{тбо}} = 200 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 0,25 \text{ т/м}^3 = 50 \text{ т.}$$

2. Определение приведенного удельного размера вреда:

Приведенный удельный размер вреда рассчитывается по формуле (2).

$$B_i = \sum_{j=1}^z (H_j \cdot m_{ji})$$

Значения удельных выбросов загрязняющих веществ (продуктов горения) при пожаре определяются по таблице 16. Соответствующие данному составу продуктов горения таксы H_j определяются по таблице 15.

$$B_i = 12,3 \cdot 10^{-3} \cdot 96000 + 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 94000 + 25,0 \cdot 10^{-3} \cdot 62000 + 5,0 \cdot 10^{-3} \cdot 92000 + 271,1 \cdot 10^{-3} \cdot 92000 + 0,4 \cdot 10^{-5} \cdot 656000 + 15,2 \cdot 10^{-3} \cdot 61000 = 29343,82 \text{ руб./тгор.}$$

3. Определение размера вреда и убытков:

Размер вреда и убытков рассчитывается по формуле (3).

$$B_{\text{э-э}} = \left(\sum_{i=1}^N M_i \cdot B_i \right) \cdot K_{\text{ин}} + Z_0,$$

Учитывая, что $N=1$, $Z_0=0$ и принимая $K_{\text{ин}}=1$, получим:

$$B_{\text{э-э}} = 29343,82 \cdot 50 = 1467191,2 \text{ руб.}$$

Вывод: при сгорании ТБО на свалке во время пожара площадью 200 м^2 размер вреда от загрязнения атмосферного воздуха составил 1,5 млн. руб.

Расчет представим в табличной форме:

Загрязняющие вещества (продукты горения), i	Параметр				
	$m_{ij} \cdot 10^{-3}$ т/тгор	Такса, H_j руб./т	$H_j \cdot m_{ij}$ тыс. руб./тгор	M_i (ТБО), т	$B_{э-з}$, руб.
Взвешенные вещества	12,3	96 000	1180,8	50	-
SO ₂	3,0	94 000	282,0	50	-
CO	25,0	62 000	1550,0	50	-
NO _x	5,0	92 000	460,0	50	-
Углеводороды	271,1	92 000	24941,2	50	-

Загрязняющие вещества (продукты горения), i	Параметр				
	$m_{ij} \cdot 10^{-3}$ т/тгор	Такса, H_j руб./т	$H_j \cdot m_{ij}$ тыс. руб./тгор	M_i (ТБО), т	$B_{э-з}$, руб.
Вещества 1 класса опасности	$0,4 \cdot 10^{-2}$	656000	2,62	50	-
Другие вещества	15,2	61 000	927,2	50	-
Размер вреда			29343,82		146719 1,2

Таблица 15

Таксы для исчисления размера вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров.

Пожар	Группы загрязняющих веществ						
	Взвешенные вещества	SO ₂	CO	NO _x	Углеводороды	Вещества 1 класса опасности	Другие вещества*
Таксы, руб./тонна	96000,0	94000,0	62000,0	92000,0	92000,0	656000,0	61000,0

* к группе "Другие вещества" относятся остальные загрязняющие вещества, для которых установлены предельно допустимые концентрации или ориентировочные безопасные уровни воздействий (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест.

Состав выбросов продуктов горения при пожарах.

Объект пожара (вещество, материал)	Удельный выход продуктов горения m_{ij} , т/тгор						
	Взвешен ные вещества	SO ₂	CO	NO _x	Углеродо- роды	Вещест ва 1 класса опасно сти	Другие веществ а·
1	2	3	4	5	6	7	8
Бензин	$1,47 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$3,11 \cdot 10^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	-	$6,1 \cdot 10^{-8}$	$10,66 \cdot 10^{-4}$
Дизельное топливо	$1,29 \cdot 10^{-2}$	$4,71 \cdot 10^{-3}$	$7,06 \cdot 10^{-3}$	$2,61 \cdot 10^{-2}$	-	$6,9 \cdot 10^{-8}$	$4,83 \cdot 10^{-3}$
Нефть	$1,7 \cdot 10^{-1}$	$2,78 \cdot 10^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$6,9 \cdot 10^{-3}$	-	$7,8 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
Бумага	-	-	$108,0 \cdot 10^{-3}$	-	$5,85 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$36,24 \cdot 10^{-3}$
Древесина	-	-	$12,6 \cdot 10^{-2}$	-	-	-	$88,75 \cdot 10^{-3}$
Древесина с лакокрасочн ым покрытием	-	-	$21,87 \cdot 10^{-3}$	-	$11,22 \cdot 10^{-3}$	-	$16,27 \cdot 10^{-3}$
Древесно- стружечная плита	-	-	$85,78 \cdot 10^{-3}$	-	$9,23 \cdot 10^{-3}$	-	$25,47 \cdot 10^{-3}$
Поливинилхл орид (ПВХ)	-	-	$10,35 \cdot 10^{-2}$	-	$11,16 \cdot 10^{-3}$	$40,05 \cdot 10^{-3}$	$31,5 \cdot 10^{-2}$
Пенополиуре тан (ПВУ)	-	-	$15,72 \cdot 10^{-3}$	$3,28 \cdot 10^{-3}$	$27,51 \cdot 10^{-3}$	$3,28 \cdot 10^{-3}$	$58,16 \cdot 10^{-2}$
Шерсть	-	-	$28,62 \cdot 10^{-3}$	-	$40,19 \cdot 10^{-3}$	-	$11,57 \cdot 10^{-3}$
Полистирол (ПС)	-	-	$10,6 \cdot 10^{-3}$	-	$119,79 \cdot 10^{-3}$	-	-
Свалки твердых бытовых отходов (ТБО)	$12,3 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$25,0 \cdot 10^{-3}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$271,1 \cdot 10^{-3}$	$0,4 \cdot 10^{-5}$	$15,2 \cdot 10^{-3}$
Жилые и администрат ивные здания	$55,7 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$127,6 \cdot 10^{-3}$	$1,74 \cdot 10^{-3}$	$47,58 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-3}$
Лесопарковы е массивы	$3,8 \cdot 10^{-3}$	-	$1,35 \cdot 10^{-1}$	$0,4 \cdot 10^{-3}$	-	-	$1,0 \cdot 10^{-3}$

Варианты заданий.

Вариант	Размеры пожара, м.		Глубина прогорания h, м.
	Длина, м.	Ширина, м.	
1	30	20	1,5
2	50	70	2
3	40	90	1,3
4	30	50	1,6
5	30	30	1
6	15	35	2,2
7	40	50	1
8	20	35	3
9	30	40	1,5
10	50	60	1,3
11	10	20	1
12	25	25	1,1
13	15	30	3
14	50	40	2
15	60	30	1
16	70	50	1,3
17	15	20	2,2
18	25	40	2,4
19	35	45	1,5
20	25	50	2,3
21	40	20	1,5
22	50	40	1
23	60	70	1
24	50	30	1,5
25	10	40	2,3
26	15	25	2,3
27	20	35	1,5
28	30	45	1
29	40	25	1,5
30	50	40	1

Лабораторная работа №7.

Определение антропогенных нарушений почвы.

Цель: *ознакомление с различными антропогенными нарушениями на знакомом участке местности, прогноз отрицательных последствий для окружающей среды от различных нарушений.*

Теоретические сведения.

Антропогенное воздействие на почвы носит прямой и косвенный характер и обычно приводит к нарушениям почвы. Нарушения почвы состоят в изменениях в составе (механическом и химическом) и структуре почвы, а также в изменениях в функционировании агроэкосистем, что выражается в отклонениях от их естественного состояния и нарушении равновесных экологических процессов.

Практически всегда нарушения почвы являются сложными, имеющими черты прямого и косвенного воздействий. Нарушения почвы могут быть вызваны и природными процессами – пожарами, сезонными климатическими явлениями, вулканическими процессами, стихийными бедствиями и др.

Почвы можно условно рассматривать как: ненарушенные, т.е. существующие в естественных природных условиях, и нарушенные, т.е. в разной степени преобразованные и измененные человеком (сельскохозяйственные угодья, почвы городов, агропромышленных и др. районов).

Почвы крупных городов и промышленных зон представляют собой, как правило, искусственные образования («урбаноземы»), созданные путем постоянной подсыпки смесью естественного материала, глины, песка, торфа и т.п. и антропогенных продуктов (переработанных строительных, бытовых, промышленных отходов).

Естественные (ненарушенные) почвы сохранились лишь на окраинах городов и в пределах старых лесопарковых участков.

По признакам изменений различают следующие основные типы нарушений почвы:

1. Полное уничтожение почвы, т.е. удаление почвенного слоя, выход на поверхность почвообразующих пород.

2. Перекрытие почвенного профиля различными материалами – отходами, дорогами, покрытиями, застройками, затоплением. Только под города и прочие населенные пункты изъято из естественного биосферного процесса около 5% почвенного покрова, и эта величина неуклонно растет. Подсчитано, что ежегодно в мире теряется до 6–7 млн. га почв.

3. Эрозия почв – разрушение почв и вынос рыхлых компонентов почвенного материала водой и ветром. Водная эрозия происходит под воздействием поверхностного стока, дождевых и талых вод. Ветровая эрозия (дефляция) – представляет собой выдувание мелкозема верхних горизонтов, особенно в засушливые периоды, при сильных ветрах, особенно в условиях отсутствия растительности.

4. Механические нарушения – уплотнение; переувлажнение (подтопление); иссушение; образование плотных корок; пирогенные нарушения (являются результатом пожаров). Механические нарушения обуславливают ухудшение физических (воднотепловых, воздушных), химических свойств, замусоривание почв.

5. Загрязнение почв – накопление и распространение в них веществ, не связанных с почвообразованием: как относящихся к естественным компонентам (соли, закисляющие вещества, нефть и нефтепродукты, некоторые минеральные удобрения и др.), так и загрязнителей –

токсикантов (тяжелые металлы, хлорорганические пестициды, радионуклиды и др.).

В результате загрязнения почв снижается плодородие почвы, а сама почва может стать губительной средой для существующих в ней (и находящихся в контакте с ней) организмов. Загрязнение почв сопровождается распространением загрязнений в другие среды и объекты окружающей среды – живой и косной природы.

Материалы: карта (план, схема) местности.

Ход работы.

1. Выберите хорошо вам знакомый участок местности (вблизи учреждения, места жительства, отдыха).
2. Укажите виды антропогенных нарушений почвы, заполнив соответствующие графы в таблице:

Почвы нарушений	В чем выражается нарушение
Сельскохозяйственные	Перекрытие почвенного профиля (укажите, чем)
Лесохозяйственные	Эрозия почв (ветровая, водная)
Строительные	Механическое нарушение (уплотнение, переувлажнение, иссушение), замусоривание, пожарища, другое
Промышленные	Загрязнение почв (засоление, закисление, загрязнение нефтепродуктами, удобрениями, тяжелыми металлами, радионуклидами, другое)
Транспортные	Перекрытие и уплотнение почвенного слоя
Рекреационные	Уплотнение, замусоривание, пирогенные нарушения

3. Опишите по возможности подробнее, нарушения почв, заполнив таблицу:

Показатели нарушений	Описание нарушений
1. Площадь распространения	Форма участка, протяженность, ширина, общая площадь и т.п.
2. Признаки выявленных нарушений	Укажите в чем выражаются нарушения
3. Стадия нарушения	Начальная, развитая, сильная, катастрофическая и др.
4. Вид антропогенных воздействий, явившихся причиной нарушений	Укажите вид воздействия
5. Характер воздействий (по интенсивности и продолжительности)	Низкое, среднее, высокое, очень высокое; продолжительное, периодическое (подчеркните нужное)
6. Влияние на природный комплекс	Опишите, в чем выражается влияние

Приложите к описанию иллюстративный материал: карты, схемы, фотографии, зарисовки, образцы природных объектов и др.

Обработка результатов и выводы.

1. Нанесите антропогенные нарушения почв на карту (план, схему) местности. Используйте данные о местности: наименование населенных пунктов, улиц, дорог, рек, ориентиров и т.п.
2. Спрогнозируйте экологические последствия от выявленных нарушений.
3. Сформулируйте предложения по снижению антропогенных воздействий на почву и по ее восстановлению (устранению нарушений). Среди ваших предложений выделите организационные и технические мероприятия.

Лабораторная работа №8.

Расчет и оценка уровня загрязнения почв вдоль дорог.

Цель: *провести расчет и дать оценку уровню загрязнения почвы вдоль дорог.*

Теоретические сведения.

При работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей образуются «условно твердые» выбросы, состоящие из аэрозольных и пылевидных частиц. В наибольших количествах выбрасываются соединения свинца и сажа. При интенсивности движения более 40 тыс. авт/сут существенными становятся выбросы кадмия и цинка. Наибольшую опасность для биосферы представляет накопление в почве соединений свинца, что обусловлено высокой доступностью его растениям и переходом по звеньям пищевой цепи в животных, птиц и человека. Выбросы соединений свинца происходят при работе ДВС автомобилей на этилированном бензине (в бензине марок А-76 и АИ-93 содержится, соответственно, 0,17 г/кг и 0,37 г/кг соединений свинца). Около 20 % общего количества свинца разносится с отработавшими газами в виде аэрозолей, а 80 % выпадает в виде твердых частиц размером до 25 мкм и водорастворимых соединений на поверхности прилегающих к дороге земель. Они накапливаются в почве на глубине пахотного слоя или фильтрации воды атмосферных осадков вдоль автодорог.

Оценку загрязнения придорожных земель выбросами свинца и выбор защитных мероприятий по уменьшению ширины их распространения следует вести на основе расчета уровня загрязнения поверхностного слоя почвы (УЗП) по методике [12].

Расчет выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют мощность эмиссии свинца РЭ (мг/м³·сут) при среднесуточной интенсивности движения за расчетный период по формуле:

$$P_{\Sigma} = K_n m_p K_T K_o (\sum G_i P_i N_i) \quad (1)$$

где K_n – коэффициент пересчета единиц измерения, $K_n = 0,74$;

m_p – коэффициент, учитывающий дорожные условия, определяется по рис. 1, в зависимости от средней скорости движения автотранспорта V (км/ч);

K_T – коэффициент, учитывающий долю выбрасываемого свинца в виде твердых частиц в общем объеме выбросов;

K_o – коэффициент, учитывающий оседание свинца в системе выпуска отработавших газов автомобиля, $K_o = 0,8$;

G_i – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа автомобиля, л/км (табл. 1);

N_i – среднесуточная интенсивность движения автомобилей данного типа, авт/сут;

P_i – содержание добавки свинца в топливе, применяемом в автомобиле данного типа, г/кг.

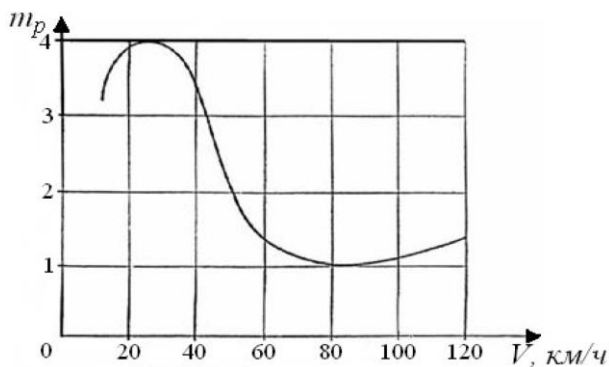


Рис. 1. Зависимость коэффициента m_p от средней скорости транспортного потока V [12]

Таблица 1

Средние эксплуатационные нормы расхода топлива.

Тип автомобиля	Gi , л/км
Легковые автомобили	0,11
Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 5 тонн)	0,16
Грузовые автомобили карбюраторные (5 тонн и более)	0,33
Грузовые автомобили дизельные	0,34
Автобусы карбюраторные	0,37
Автобусы дизельные	0,28

2. Рассчитывают величину отложения свинца на поверхности земли Pn (мг/м²), по формуле:

$$P_n = (0,4K_l\varphi TrP_{\Sigma}) + F \quad (2)$$

где K_l – коэффициент, учитывающий расстояние l (м) от края проезжей части, принимается по табл. 2;

φ – коэффициент, зависящий от силы и направления ветра, принимается равным отношению площади розы ветров со стороны дороги, противоположной рассматриваемой зоне, к общей ее площади, $\varphi = 0,7$;

Tr – расчетный срок эксплуатации автодороги, сут;

F – фоновое загрязнение поверхности земли, мг/м².

Таблица 2.

Величина K_l от расстояния l до края проезжей части.

l , м	10	20	30	40	50	60	80	100	150	200
K_l	0,50	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,005	0,001	0,0002

3. Уровень загрязнения поверхностного слоя почвы свинцом на различном расстоянии от края проезжей части автодороги:

$$P_c = \frac{P_n}{h\rho} \quad (3)$$

где h – толщина почвенного слоя, в котором распределяются выбросы свинца, м, на пахотных землях $h = 0,2$ м, на остальных видах угодий (в том числе и на целине) $h = 0,1$ м;

p – плотность почвы, кг/м³, $p = 1600$ кг/м³.

4. Полученные расчетные значения величины P_c и их изменение от расстояния до края проезжей части l необходимо представить графически и сопоставить с ПДК свинца в почве по общесанитарному показателю, равному 32 мг/кг. С помощью построенного графика определяют ширину полосы от кромки проезжей части автодороги, в которой превышает ПДК и оценивают влияние автодороги на этот экологический показатель.

Если ширина полосы опасного уровня загрязнения поверхностного слоя почвы пересекает границу сельхозугодий, то следует предусмотреть защитные мероприятия/

5. В выводе приводятся результаты расчета и оценки УЗП свинцом как для случая реконструкции автодороги, так и в случае отказа от нее.

При реконструкции автодороги студент дает перечень защитных мероприятий, обеспечивающих безопасный УЗП свинцом.

Варианты заданий.

Используя данные таблицы 18, выполнить расчет и оценку уровня загрязнения придорожных земель выбросами свинца. Графически представить изменение содержания свинца с расстоянием от кромки дороги (в координатах P_c от l). С помощью построенного графика определяют ширину полосы от кромки проезжей части автодороги, в которой наблюдается превышение ПДК, сопоставить с ПДК свинца в почве по общесанитарному показателю, равному 32 мг/кг. Предложить

мероприятия по уменьшению ширины распространения выбросов свинца от кромки дороги.

Таблица 18.

Данные для расчетов.

Вариант	Na, авт/сут	Число автомобилей по группам, %					v, км/ч	Тр, сут
		1	2	3	4	5		
1	6200	40	5	30	20	5	30	10
2	6000	35	10	30	20	5	35	20
3	5000	35	10	30	15	10	40	15
4	4000	40	5	25	20	10	30	10
5	3000	35	10	20	30	5	35	20
6	3500	45	2	28	22	3	45	15
7	4000	50	5	5	30	10	50	15
8	4500	35	15	25	25	0	45	10
9	5000	25	15	25	25	10	40	20
10	5500	20	20	20	20	20	35	10
11	6100	40	5	30	10	5	30	10
12	6300	35	10	30	15	15	35	20
13	6500	40	5	30	30	10	40	15
14	6700	35	5	30	30	0	30	10
15	6900	35	10	20	15	5	35	20
16	3500	45	10	30	30	0	60	20
17	4000	50	5	5	30	10	50	20
18	4500	35	15	25	15	5	45	10
19	5000	25	15	25	30	10	40	20
20	5500	20	20	20	20	20	30	15
21	6200	35	10	25	25	5	35	10
22	3000	35	10	30	20	5	50	20
23	6100	40	10	30	25	0	30	15
24	6600	45	5	20	20	5	35	15
25	6800	30	15	25	20	0	40	10
26	1000	40	5	30	25	5	70	20
27	5000	45	5	30	30	10	75	10
28	2200	30	10	30	30	10	90	10
29	2500	40	10	25	25	5	80	20
30	7500	35	5	20	20	10	75	15

Лабораторная работа №9.

Расчет загрязнения почв при внесении удобрений.

Цель: изучить *гербициды, удобрения и биопрепараты, и условия их применения.*

Теоретические сведения.

Применение гербицидов.

При выращивании посадочного материала затрачивается много труда и средств на борьбу с сорной растительностью, появляющейся на полях. Сократить указанные затраты можно применением гербицидов.

Гербицид – это химическое вещество, применяемое для борьбы с нежелательной травяной растительностью (в данном случае с сорняками). Затраты труда и средств на борьбу с сорняками без применения гербицидов составляют весьма значительную величину (до 70 % от общих затрат). Тем не менее, желаемый результат обеспечивается не всегда. Основная причина – высокая жизнеспособность сорных растений, выработанная в результате постоянной борьбы за существование.

Как правило, для борьбы с сорняками в питомниках гербициды применяют в два этапа. Первоначально уничтожают многолетние сорняки (на полях), затем однолетние и семенное поколение многолетников (при уходах). По общепринятой классификации все *гербициды разделяют на общеистребительные (сплошного действия) и избирательные (селективного действия).* В зависимости от особенностей распространения по тканям растений все гербициды подразделяют на *системные и контактные.* Однако, данное разделение по особенностям их действия на растения в

известной мере условно, так как некоторым веществам присущи свойства системного и контактного гербицида, а многие препараты в зависимости от дозировок могут быть использованы и как избирательные, и как общеистребительные гербициды.

В целом, рекомендуют следующие варианты применения гербицидов:

1. 2,4-Д (диметиламинная соль) (1-2 кг д.в./га) рекомендуют для случаев с легкими и средними по механическому составу почвами. Опрыскивание проводят в конце мая или в начале июня, но не позднее второй половины июля. Гербицид 2,4-Д наиболее эффективен против однолетних двудольных сорняков. Последующая механическая обработка проводится не ранее чем через 3-4 недели после опрыскивания. Второе опрыскивание (в случае необходимости) проводят не позднее первой половины августа. Это гарантирует инактивацию гербицидов к весне следующего года. Осенью проводят зяблевую вспашку.

2. Раундап (утал, фосулен, глифосат) рекомендуют в качестве наиболее эффективного и совершенного в экологическом отношении гербицида против однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков. Норма расхода 2-4 л/га. Поле подготавливают по обычной программе, а с весны до середины лета дают возможность отрасти сорнякам. Гербицид следует вносить по хорошо развившимся и вегетирующим сорнякам в летние и осенние месяцы. При дозе раундапа 3 кг д.в./га подавляется большинство распространенных видов сорняков, особенно хорошо злаки. Опрыскивание следует проводить в сухую погоду с таким расчетом, чтобы в течение 4-6 часов после обработки гербицид не был смыт с растений осадками.

Механическую обработку почвы следует проводить не ранее, чем через 2–3 недели.

3. Зеллек-супер (галоксифоп-Р-метила кислота) (104 г/л) - системный гербицид для уничтожения однолетних (просо куриное, виды щетинника) и многолетних злаковых сорняков (пырей ползучий) путем опрыскивания. Расход рабочей жидкости 200-300 л на га. Зеллек можно вносить в различные фазы развития сорной растительности, но предпочтительнее в первую половину вегетационного сезона, в период активного роста сорняков, независимо от фазы развития культуры. Дальнейшую механическую обработку почвы можно начинать спустя 3 недели после опрыскивания.

Дозы внесения (д.в.) гербицидов принято выражать в килограммах действующего вещества на 1га обрабатываемой площади, поэтому каждый раз в зависимости от технической характеристики применяемого гербицида определяют требуемое количество химикатов по формуле:

$$K = \Pi * D * 100 / C ,$$

где Π – обрабатываемая площадь, га;

D – доза действующего вещества, необходимая для внесения на 1 га, кг;

C – содержание действующего вещества в химикате, %.

Перед применением гербицидов их растворяют в воде или смешивают с ней. В таблице представлен краткий перечень препаратов (гербицидов и фунгицидов), с помощью которых можно бороться с различными сорняками и болезнями. Более подробную информацию можно найти в государственном каталоге пестицидов и

агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Приднестровья.

Таблица 18. Краткая характеристика гербицидов, разрешенных на территории Приднестровья.

Название/ действующее вещество	Ед. измер.	Количество раствора препарата / площадь, л (кг) / га (т)	Назначение
1	2	3	4
Пантера	мл	5 / 1,0	Против злаковых сорняков
Раундап (глифосат)	мл	6 / 1,0-2,0	Широкого спектра
Титус	г+мл	8 / 2,0	Послевсходовый
Фундазол / биомин	г	2-6 / 1,0	Для обработки семян и посадочного материала различных культур против семенной и почвенной инфекции
Торнадо / изопропиламин ная соль глифосата	г	3-5/ 1,0	В паровых полях лесных питомников против пырея и др. сорняков; посевы и посадки сосны, ель и кедр

Применение удобрений.

Для повышения плодородия почв и предупреждения их истощения рекомендуют систематически вносить в них удобрения.

Все удобрения делят на пять групп: органические, органоминеральные, минеральные, бактериальные, микроудобрения.

По срокам внесения удобрения подразделяются на основные (вносят в поле до посева), припосевные (вносят одновременно с посевом в посевные бороздки) и подкормки (вносят в период роста растений).

Первоочередной задачей при использовании почв является поддержание бездефицитного баланса гумуса – одного из важнейших

факторов роста и развития растений. Кроме того, он является основным источником элементов питания. Гумус регулирует буферность почвы (свойство почвы удерживать равновесие при изменении внешних факторов, в частности устойчивость почвы к загрязнению), способствует упрочению и сохранению почвенной структуры. В качестве органических удобрений рекомендуется применять низинный проветренный торф, хорошо перепревший навоз, хорошо подготовленные органические компосты на основе торфа, опилок, коры деревьев, лигнина, перепревшего навоза. Из органических удобрений готовят торфонавозные, торфо-минеральные, торфофекальные, смешанные и другие компосты.

Для приготовления торфонавозного компоста соотношение торфа и навоза принимают 1:1; 2:1; 3:1 в зависимости от разложения торфа (чем больше степень разложения торфа, тем больше его содержание в компосте). Торфонавозный компост готовят послойным, площадным и очаговым способами.

При послойном способе приготовления торф и навоз укладывают слоем в 20-30 см в штабель. Толщина слоев зависит от соотношения торфа и навоза в составе компоста. Компост готовят в любое время года. Длина штабеля произвольная, ширина 3-4 м, высота 1,5-2 м. Сверху штабель укрывают 40-50-сантиметровым слоем торфа.

При площадном способе приготовления компоста на слой торфа толщиной 15–20 см укладывают навоз в принятом соотношении. Все это перемешивают и затем сгребают бульдозером в штабель. Таким образом, готовят компост осенью или в весенне-летний период.

Очаговым способом закладывают компост зимой. При этом способе на слой торфа (40–50 % общего объема) укладывают навоз кучами на расстоянии 1 м друг от друга, остальной торф укладывают

сверху. Торфонавозные компосты перемешивают через 2–3 месяца, при необходимости увлажняют, в почву вносят через год после закладки.

Торфо-минеральные компосты готовят из проветренного торфа (60–70 % влажности), в который вносят минеральные удобрения из расчета на 1 т торфа – 10 кг суперфосфата, 10 кг фосфоритной муки, 6 кг хлористого калия. В зависимости от степени кислотности торфа и требовательности древесных и кустарниковых пород, под которые будет внесен компост, добавляют известь. Доза извести от 3 до 1 т на 1 тонну торфа. Для приготовления торфофосфоритного и торфо-известкового компоста к торфу добавляют фосфоритную муку или молотый известняк, доломитную муку или другие известковые материалы из расчета 2–3 % от массы проветриваемого торфа. Торфо-минеральные, торфофосфоритные и торфо-известковые компосты приготавливают летом. Их можно использовать через 2–3 месяца после закладки. Торфопредприятия выпускают готовые торфо-минеральные удобрения (ТМУ – с добавлением фосфоритной муки, суперфосфата и хлористого калия, ТМАУ – с теми же компонентами + аммиачная вода). Обычные ТМАУ содержат NPK 0,5–1,2 %, концентрированные – 1,4–3,0 %.

Для приготовления смешанного компоста используют растительные отходы: зеленую массу трав, сорняков, лесную подстилку, дерн, солому и т.п. компостируемый материал (25–30 см) переслаивают торфом или землей (15 см). Продолжительность компостирования 1–3 года в зависимости от компостного материала. Всю массу компоста ежегодно 2–3 раза перемешивают и при необходимости увлажняют. Готовность компоста определяют по однородности всей массы. Особого внимания заслуживают компосты,

приготовленные из низинного торфа в смеси с дерниной (торфодернинные) и из чистой сосновой подстилки (сосново-подстилочные). Торфодернинный компост готовят из следующих компонентов: торфа 1 т, дернины 100 кг, песка 160 кг, суперфосфата 8 кг и аммиачной селитры 3 кг. Все это тщательно перемешивают. Продолжительность компостирования 6–8 месяцев. Для поддержания оптимальной микробиологической деятельности влажность компостов из торфа должна быть 50–70 % полной влагоемкости, а сосново-подстилочного 30 %. При низком содержании гумуса в перегнойном горизонте в почву вносят до 60 т./га торфодернинного или сосново-подстилочного компоста.

Так как органические удобрения содержат большое количество семян сорняков, их лучше вносить в поле в мае, чтобы в течение лета была возможность бороться с сорняками с помощью механизированных или химических обработок. Органические удобрения, очищенные от семян сорняков, можно вносить осенью под перепахку пара или непосредственно перед посевом. В последнем случае их вносят полосами на гряды, в посевные ленты или распределяют равномерно по площади. При внесении полосами органические удобрения расходуются более эффективно.

Внесение органических удобрений является обязательным на тяжелых бесструктурных и на песчаных почвах.

В качестве основных минеральных удобрений используют:

а) азотные (аммиачная, натриевая, калийная, кальциевая селитры, мочевины). Внесение азотных удобрений способствует лучшему росту растений. Азотные удобрения вносят в год посева перед весенним боронованием, причем в этом случае предпочтение отдают аммиачной селитре. Мочевину можно вносить осенью в

холодную почву. Нормы внесения варьируют (20–180 кг д. в./га) в зависимости от выращиваемой породы, механического состава почвы, содержания гумуса;

б) фосфорные (простой, двойной, гранулированный суперфосфат, фосфоритная мука) – способствует наиболее активному развитию корневой системы растений. Вносят обычно осенью под перепахку пара в дозе 30–200 кг д. в./га. На кислых почвах фосфорные удобрения вносят в сочетании с известью. На солонцеватых почвах из фосфорных удобрений предпочтение отдается простому суперфосфату, так как в нем содержится до 40 % гипса;

в) калийные (хлористый калий, калийные соли, силвинит, сульфат калия, углекислый калий) повышают тургор клеток и морозоустойчивость растений. Доза внесения – 15–140 кг д.в./ га. На тяжелых почвах калийные удобрения вносят осенью перед перепахкой пара, на легких – весной перед боронованием. Из калийных удобрений наиболее приемлемым является сульфат калия – K_2SO_4 (46 % д.в.). Применение хлорсодержащих калийных удобрений (например, хлористого калия) из-за токсичного действия хлора не рекомендуется. Наивысший эффект дает применение серосодержащего удобрения. Это удобрение экологически безопасно, быстро растворимо и эффективно для древесных растений. Лучше всего вносить калийные удобрения с осени, особенно содержащие хлор. Однако, сульфат калия можно вносить и под предпосевную культивацию, так как он не содержит токсичного хлора. Поскольку сульфат калия мелкокристаллическое порошкообразное удобрение, его необходимо вносить разбрызгивателями. Недопустимо оставление удобрения на поверхности почвы, особенно в зиму. Рекомендуется его

обязательная заделка, чтобы предотвратить потери через необменную фиксацию почвенными минералами.

К бактериальным удобрениям относят:

а) нитрогин (содержит бактерии, которые на корнях бобовых усваивают азот воздуха). Применяют в сидеральных парах из расчёта 0,5 кг препарата на 1 га (на 150–200 кг люпина, гороха или на 50 кг люцерны, донника). Препарат разбавляют водой и раствором смачивают семена бобовых непосредственно перед посевом;

б) препарат АМБ (содержит несколько видов бактерий, перерабатывающих органическое вещество в доступные для растений соединения). Применяют на бедных подзолистых почвах. Вносят в паровое поле вместе с торфом из расчета 1 кг АМБ на тонну торфа и 100 кг извести;

в) азотобактерин (содержит бактерии, которые усваивают свободный азот воздуха). Применяют на плодородных почвах (1–2 кг/га), обрабатывая им семена выращиваемых древесных пород перед посевом;

г) фосфобактерин (содержит бактерии, которые переводят фосфор органических соединений в доступные для растений формы). Применяют так же, как азотобактерин.

д) микоризная земля (содержит грибы – микоризообразователи, необходимые для успешного роста сеянцев хвойных пород). На участках, где эти породы выращиваются впервые, необходимо внесение микоризной земли из расчета 2–3 т/га.

Микроудобрения с содержанием бария, бора, марганца, меди, молибдена, цинка и других элементов можно вносить в паровые поля в дозе 0,1–10 кг д.в./га вместе с органическими и минеральными

удобрениями при низкой обеспеченности этими микроэлементами почв.

Нормы внесения удобрений в зависимости от содержания в них действующего вещества рассчитывают так же, как для гербицидов.

Внесение минеральных удобрений в паровое поле осуществляют разбрасывателями. Минеральные удобрения вносят в почву таким образом, чтобы обеспечить наиболее полное использование их корневыми системами семян и саженцев, для этого их заделывают в почву на глубину 8–10 см.

Большие коррективы в режим использования удобрений вносят метеорологические условия. Так, при холодной и затяжной весне необходимо увеличивать дозы удобрений, особенно азотных. В пасмурное лето с пониженными температурами хорошо улучшают вегетацию древесных и кустарниковых растений калийные удобрения. При очень большом количестве осадков ухудшается древесными и кустарниковыми растениями усвоение питательных веществ, затрудняется аэрация почвы, из нее вымываются подвижные формы азота, затухает жизнедеятельность многих полезных микроорганизмов. Действие удобрений снижается также и в засушливые периоды.

Известкование применяют для нейтрализации кислых почв. Для этого под основную вспашку вносят известь, мел, доломитовую муку, золу. Дозы внесения определяют в зависимости от степени кислотности и содержания гумуса в почве (от 2 до 5 тонн CaCO_3 на 1 га); на тяжёлых по механическому составу почвах дозы внесения выше, чем на лёгких. Гипсование применяют на солонцовых почвах, содержащих большое количество натрия. Вносят гипс или фосфогипс перед основной вспашкой в дозе 2,5–5,0 т/га.

Предпосевные удобрения можно вносить в посевные бороздки одновременно с посевом семян. В первые фазы развития и роста древесные растения, например, испытывают потребность в фосфорном питании. Поэтому на всех почвах рекомендуется предпосевное внесение фосфорных удобрений. Из всех фосфорных удобрений наиболее растворимым и эффективным является двойной гранулированный суперфосфат ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), содержащий 49 % д.в. Это наиболее распространенное фосфорное удобрение. Указанную дозу фосфорных удобрений лучше всего вносить послойно. Большую часть дозы вносят под перепахку осенью с помощью разрыхлителя, а меньшую дозу (20–30 кг/га) вносят в рядки при посеве семян. Такой способ внесения наиболее эффективен, так как способствует лучшему развитию корневой системы сеянцев, что способствует засухоустойчивости и морозостойкости древесных растений. Можно заменить послойное внесение суперфосфата, на предпосевное внесение под культивацию, однако при таком способе эффективность ниже, так как часть суперфосфата химически поглощается почвой и переходит в трудноподвижное состояние.

В качестве минерального удобрения можно использовать золу. Зола является хорошим калийным и фосфорным удобрением, представляет собой минеральный остаток, содержащий такие химические элементы: кальций (CaO – от 5 до 48 %), калий (K_2O – от 1 до 35 %), фосфор (P_2O_5 – от 1 до 9 %), а также известь и многие микроэлементы. Эти вещества легко растворимы в воде и доступны для растений.

В чистом виде золу рекомендуется вносить с основным удобрением под основную вспашку почвы.

Существенным резервом повышения плодородия почв могут быть зольно-шлаковые отходы, образующиеся в больших количествах на тепловых электростанциях и других предприятиях, использующих в качестве топлива каменный или бурый уголь. При внесении в почву зольно-шлаковые отходы улучшают рост и повышают продуктивность древесных растений, улучшают физические и агрохимические свойства почв.

При применении минеральных удобрений необходимо учитывать их особенности:

1. Удобрения, не изменяющие кислотность почв. Азотные – кальциевая селитра, натриевая селитра. Фосфорные – преципитат, костная мука. Калийные – углекислый калий, цементная пыль.
2. Удобрения, подкисляющие почву, но которые можно смешивать с известью прямо перед их внесением в паровые поля (для их нейтрализации и снижения кислотности почвы): мочевины, хлористый калий, калийная соль, сильвинит, каинит.
3. Удобрения, которые нельзя смешивать с известью: селитры (аммиачная, кальциевая, натриевая), суперфосфаты, аммофос, преципитат.
4. Использование наиболее распространенных в хозяйстве удобрений, подкисляющих почву, без известкования отрицательно сказывается на ее кислотности. Для нейтрализации 1 центнера внесенной мочевины необходимо 1,83 ц CaCO_3 (извести), аммиачной селитры – 0,7 ц, сульфата аммония – 0,9 ц извести в пересчете на CaCO_3 .

Многие породы в процессе роста избирательно потребляют одних элементов больше, а других меньше. Это следует учитывать при внесении удобрений для выращивания тех или иных древесных пород.

Применение биопрепаратов.

Интенсификация выращивания посадочного материала в последнее время отрицательно сказалась на почвенной экологии. Биологические свойства почвы ухудшились, отчетливо стали проявляться признаки «почвоутомления», токсикоза и снижения плодородия почвы, нередко на фоне нитратного засоления, зафосфачивания и даже образования щелочной среды. Биологические свойства почвы и ее активность определяются интенсивностью и направленностью микробиологических и биохимических процессов, обусловленных жизнью почвенного биоценоза. В условиях интенсивного землепользования под воздействием техногенных, химических и антропогенных нагрузок ухудшаются химико-физические и биологические свойства почвы, и как следствие это ведет к значительному сокращению видового и количественного состава почвенной микрофлоры. Наиболее чувствительными ко всем этим нагрузкам, особенно химическим, являются микроорганизмы, принимающие активное участие в образовании гумуса и доступных для растений питательных веществ. Внесение минеральных удобрений зачастую не приводит к улучшению плодородия почвы, так как многие из них усваиваются растениями только после микробиологических превращений. Одним из эффективных и экологически целесообразных путей повышения продуктивности и улучшения почвенной экологии является использование новых высокоэффективных препаратов на основе молочнокислых бактерий и полезных почвенных микроорганизмов. Агротехника с их использованием обеспечивает получение стабильно высокого качества посадочного материала и позволяет снизить негативные последствия длительного химического воздействия на почву. Активизация почвенной микрофлоры способствует накоплению в почве биологического азота и

растворимого фосфора, полностью усваиваемых растениями, в результате чего обменные процессы в системе «почва-растение» значительно улучшаются. Однократная обработка семян и почвы биопрепаратами повышает выход сеянцев на 20–25 %; при этом грунтовая всхожесть семян увеличивается на 5–10 %, а сохранность сеянцев – на 10–20 %. Одновременно с этим снижается повреждаемость посевов инфекционными болезнями и повышается качество выращиваемых растений. Применение биопрепаратов экономически оправдано, так как затраты на 1 га составляют 200–250 руб., что значительно ниже стоимости дополнительно получаемой продукции, а также сокращаются нормы и соответственно затраты на внесение минеральных удобрений.

Для практического использования рекомендуются следующие биопрепараты: активатор почвенной микрофлоры (АПМ), активатор прорастания семян (АПС), активатор фотосинтеза (АФ), активатор разложения стерни (АРС), азотовит и бактофосфин. В отличие от уже применяющихся биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней, а также от гербицидов, загрязняющих окружающую среду токсическими веществами, рекомендуемые препараты являются экологически чистыми. Они производятся в жидкой гелевой форме. Оздоровляя почвенные биоценозы и стимулируя рост растений, они обеспечивают устойчивость агросистем в целом. Указанные выше биопрепараты применяют в виде водных растворов для обработки почвы и семян перед посевом, корневых систем при пересадках и наземных органов растений в период их вегетации. Рабочие растворы готовят путем разбавления препаратов водой, их предпочтительно следует использовать в день приготовления, однако некоторые из них (например, АПС) можно хранить и 5–6 дней при температуре 5–20 °С.

Соотношение компонентов растворов, а также технология использования биопрепаратов приведены в таблице 19.

Таблица 19. Технология использования биопрепаратов при выращивании садового материала хвойных пород.

Название биопрепарата	Количество		Способ применения
	биопрепарата на 1 л. воды, мл	рабочего раствора на 1 га, л	
Обработка семян перед посевом			
АПС	10	-	Обрабатывают путем намачивания в течение 2-3 ч. Рабочий раствор готовят из расчета 1 л на 1 кг семян
Азотовит	0,5-10	-	Приготовление раствора и обработка семян проводится в затененном месте
Бактофосфин	0,5-10	-	
Обработка почвы перед посевом			
АПМ	2,5	400	Обработку путем опрыскивания (ПОМ-630, ПОУ и др.) желательно проводить в пасмурную погоду или вечером
Азотовит	0,5-10	400	
Бактофосфин	0,5-10	400	
Обработка надземных органов			
АФ	2,5	400	2-х кратное опрыскивание с интервалом 12-15 дней в период активного роста растений (июнь)
Обработка корневых систем			
АПМ	2,0-4,0	200	Обмакивание корневых систем саженцев (сеянцев) в торфо-глиняную болтушку с добавлением биопрепаратов, защищая от прямого воздействия солнечных лучей
Азотовит	1,0-2,0	200	
Бактофосфин	1,0-2,0	200	
Обработка стерни			
АПС	2,5	400	Опрыскивание поля сразу после уборки зерновых
Приготовление компоста			
АПС	10	-	Полив из расчета 50 мл препарата на 1 т субстрата

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с пояснениями к работе, коллекцией гербицидов, удобрений и биопрепаратов, используемых при основной обработке почвы.
2. Изучить особенности их применения.
3. Составить проект обработки почвы с применением гербицидов, удобрений и (или) биопрепаратов, согласно выданному заданию.
4. Решить предложенные преподавателем задачи.

Примерный перечень задач:

1. Определить норму внесения аммиачной селитры (49 %) на участок площадью 3 га, если требуется внести азота 20 кг. д. в./га.
2. Определить норму внесения двойного суперфосфата (45 %) на участок площадью 2 га, если требуется внести фосфора 60 кг. д. в./га.
3. Сколько требуется раундапа (70 %) для обработки 5 га поля при дозе внесения 40 кг на га по д.в.
4. Определить норму внесения азотифита (15 %) для обработки 1,5 га поля перед посевом при дозе внесения 10 мл на га по д.в.
5. Указать дозы и сроки внесения гербицидов велпара и аминной соли 2, 4-Д на полях.
6. Указать дозы и сроки внесения основных минеральных удобрений.

Лабораторная работа №10.

Биологическое поглощение химических элементов.

Цель: *изучить биологическое поглощение химических элементов растениями.*

Теоретические сведения.

Анализ химического состава живого вещества заключается в его сопоставлении с составом горных пород, почв, вод, атмосферного воздуха. Это создает возможности для системного анализа биологического круговорота химических элементов в почвах и ландшафтах.

Кларки живого вещества представляют собой глобальные геохимические параметры, которые условно характеризуют средний химический состав живых организмов. Между составами живого вещества и земной коры в целом нет прямой пропорциональной зависимости. В практике используют три основных способа выражения химического состава биологических объектов: в расчете на сырую массу организма, на массу сухого органического вещества, на золу (на количество минеральных веществ, содержащихся в организме). Данные по Кларкам живого вещества постоянно уточняются в результате применения более совершенных аналитических методов. Особенно существенно могут уточняться Кларки живого вещества токсичных элементов. В последнее время данные по ним получают в результате осуществления программы глобального мониторинга природной среды.

Содержание элементов в золе отличается от среднего содержания в земной коре, так как растения избирательно поглощают элементы из почв.

Методом оценки интенсивности биологического поглощения элементов живыми организмами, в основном растениями, является сопоставление их содержания в золе растений с содержанием в питающей среде - почвах.

Этот показатель называется **коэффициентом биологического поглощения (A_x)**:

$$A_x = I_x / n_x$$

где I_x – содержание элемента x в золе растений, n_x – содержание элемента x в почвах.

Величина A_x не является константой, она меняется в зависимости от времени (от фазы вегетации), возраста организма, почвы. A_x микроэлементов для данного вида растения может колебаться в 100-1000 раз. При $A_x > 1$ элементы накапливаются в растениях, а при $A_x < 1$ – только захватываются.

Наиболее интенсивно элементы поглощаются из газовой фазы, слабее - из раствора и еще слабее – из твердой фазы. Но все же главным источником элементов для растений является твердая фаза почвы.

Ранжированные значения A_x образуют ряды биологического поглощения, отражающие особенности биологических циклов элементов в конкретных ландшафтах.

Химический состав растений, а значит, и коэффициенты биологического поглощения зависят от двух главных факторов:

- 1) ландшафтно-геохимического (экологического), определяющего геохимическую обстановку произрастания растений, уровни содержания элементов в питающей среде, формы нахождения, в том числе подвижные, доступные для растений;
- 2) генетического, определяющего биогеохимическую

специализацию отдельных семейств, родов, видов растений в связи с их систематическим положением и особенностями происхождения.

Ход работы:

Исходные материалы. Для выполнения работы предоставляются: таблицы содержания микроэлементов в золе двух растений; таблица рядов биологического поглощения по А.И. Перельману.

Задание 1. Подсчет коэффициентов биологического поглощения. Эти коэффициенты рассчитываются для каждого растения как по отношению к кларкам литосферы (B_c), так и по отношению к содержанию элементов в почвах района (A_x).

Показатель B_c дает представление об общей поглотительной способности данного вида растений и характеризует систематические способности их химизма.

Коэффициент A_x отражает местные особенности поглощения элементов, дает возможность выявить их региональную биохимическую специализацию. Исходные данные приводятся в первой таблице каждого варианта.

Задание 2. Построить ряды биологического поглощения для двух растений и сопоставить их между собой. При выполнении этого задания величины B_c и A_x располагаются в порядке убывания коэффициентов, что позволяет в наглядной форме представить интенсивность биологического поглощения элементов каждым из рассмотренных растений.

Задание 3. Сопоставить полученные ряды биологического поглощения с рядами А.И. Перельмана, выделяя в ней группы по интенсивности поглощения. Типовая таблица с полным набором групп интенсивности поглощения приводится во второй таблице

каждого варианта.

Каждый студент выбирает из нее те значения, которые встречаются в составленных им рядах поглощения.

Задание 4. Заключение. Все отмеченные особенности отразить в заключении, которым завершается проделанная по этой теме работа.

Варианты заданий.

Вариант 1. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

Содержание химических элементов в золе растений (коэффициент A_x).

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Вереск	Лещина	Почвы	
Cu	27,0	11,4	1,0	4,7
Mn	400,0	152,0	26,8	100,0
Ni	1,0	2,6	1,2	5,8
Sr	12,0	28,0	17,0	34,0
Ni	18,0	11,0	145,0	450,0
Cr	6,3	1,8	3,6	8,3

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного $A_x=100-10$	сильного $A_x=10-5$	слабого $A_x=5-1$	среднего $A_x=1-0,1$	слабого $A_x=0,1-0,01$	очень слабого $A_x=0,01-0,001$
Вереск						
Лещина						
Раститель- ность суши		Cu	Mn, Sr	Ni, Ti, Cr		

Вариант 2. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

Содержание химических элементов в золе растений (коэффициент A_x).

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Мята	Девясил	Почвы	
Mg	250	160	1300	1870
Al	440	320	6400	8050
Si	300	360	28000	29500
Ni	0,42	2,6	4	5,8
Cu	3,2	1,4	2	4,7
Zn	7,7	3,2	5	8,5

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного $A_x=100-10$	сильного $A_x=10-5$	слабого $A_x=5-1$	среднего $A_x=1-0,1$	слабого $A_x=0,1-0,01$	очень слабого $A_x=0,01-0,001$
Мята						
Девясил						
Растительность суши	Zn	Cu	Mg, Ni	Al, Si		

Вариант 3. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

Содержание химических элементов в золе растений (коэффициент A_x).

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Тысячелистник	Мята	Почвы	
P	400	400	80	93
S	300	420	85	47
K	4700	3500	1900	2500
Pb	2,4	2,2	1	1,6
Se	0,07	15,3	0,001	0,05
Br	2,3	1,2	0,5	0,2

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного $A_x=100-10$	сильного $A_x=10-5$	слабого $A_x=5-1$	среднего $A_x=1-0,1$	слабого $A_x=0,1-0,01$	очень слабого $A_x=0,01-0,001$

Тысяче листник						
Мята						
Растите льность суши	Se, Br	P, S	Pb	K		

Вариант 4. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Мята	Арча	Почвы	
Ti	6	22	500	450
Mn	14	5	85	100
Fe	55	25	3800	4650
Rb	2,6	1,4	6	15
Sr	1,3	35,5	30	34
Zr	0,6	2,8	30	17

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного $A_x=100-10$	сильного $A_x=10-5$	слабого $A_x=5-1$	среднего $A_x=1-0,1$	слабого $A_x=0,1-0,01$	очень слабого $A_x=0,01-0,001$
Мята						
Арча						
Растите льность суши		Mn	Rb	Sr, Ti	Fe	

Вариант 5. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$	Кларк литосферы
----------	---	--------------------

	Травосмесь	Эфедра	Почвы	
Ca	6	3800	8000	2960
Mn	14	4	85	100
Ni	55	0,2	4	5,8
Cu	2,6	0,7	2	4,7
Zn	1,3	2,7	5	8,5
Sr	0,6	2,7	30	34

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ах=100-10	сильного Ах=10-5	слабого Ах=5-1	среднего Ах=1-0,1	слабого Ах=0,1-0,01	очень слабого Ах=0,01-0,001
Травосмесь						
Эфедра						
Растительность суши	Cu, Zn	Mn	Ca, Ni,	Sr		

Вариант 6. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

Содержание химических элементов в золе растений (коэффициент Ах).

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Тысячелистник	Травосмесь	Почвы	
Mg	370	300	1300	1870
Al	420	300	8700	8050
P	310	290	80	93
K	4500	3600	2600	2500
Cu	2	2,3	2	4,7
Zn	9,9	6	5	8,5

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ах=100-10	сильного Ах=10-5	слабого Ах=5-1	среднего Ах=1-0,1	слабого Ах=0,1-0,01	очень слабого Ах=0,01-0,001

Тысячел истник						
Травос месь						
Растите льность суши	Mg, P, Zn	Cu	K	Al		

Вариант 7. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Эфедра	Мята	Почвы	
Si	37	190	32000	29500
S	150	280	85	47
Ti	11	5	440	450
Fe	23	80	4000	4650
Ni	0,13	2	4	5,8
Pb	0,48	0,7	1	1,6

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного $A_x=100-10$	сильного $A_x=10-5$	слабого $A_x=5-1$	среднего $A_x=1-0,1$	слабого $A_x=0,1-0,01$	очень слабого $A_x=0,01-0,001$
Эфедра						
Мята						
Растите льность суши	S		Ni, Pb	Si, Fe, Ti		

Вариант 8. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$	Кларк литосферы
----------	---	--------------------

	Тысячелистник	Эфедра	Почвы	
Cl	580	220	10	17
Ca	2600	3200	880	2960
Mn	1	3	120	100
Br	9	4,4	0,5	0,2
Rb	1,1	0,5	6	15
Sr	10,8	7	30	34

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ах=100-10	сильного Ах=10-5	слабого Ах=5-1	среднего Ах=1-0,1	слабого Ах=0,1-0,01	очень слабого Ах=0,01-0,001
Тысяче листник						
Эфедра						
Растите льность суши	Br	Mn	Ca, Rb	Sr	Cl	

Вариант 9. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

Содержание химических элементов в золе растений (коэффициент Ах).

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Мята	Травосмесь	Почвы	
Ni	2	0,4	4	5,8
Cu	1	2,3	2	4,7
Zn	4,8	6	5	8,5
Br	17,9	8,1	0,5	0,2
Rb	6	8,1	6	15
Sr	15,9	15,2	30	34

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ах=100-10	сильного Ах=10-5	слабого Ах=5-1	среднего Ах=1-0,1	слабого Ах=0,1-0,01	очень слабого Ах=0,01-0,001
Мята						

Травос месь						
Растите льность суши	Zn, Br	Cu	Ni, Rb	Sr		

Вариант 10. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Зизифора	Шиповник	Почвы	
Mg	240	150	1300	1870
Si	230	20	31800	29500
S	360	55	85	47
Cl	130	17	10	17
Ca	2500	710	2900	2960
Ti	15	3	560	450

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного $A_x=100-10$	сильного $A_x=10-5$	слабого $A_x=5-1$	среднего $A_x=1-0,1$	слабого $A_x=0,1-0,01$	очень слабого $A_x=0,01-0,001$
Зизифора						
Шипов ник						
Растите льность суши	S, Mg		Ca	Si, Ti	Cl	

Вариант 11. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Зизифора	Мята	Почвы	
Mg	240	480	1300	1870

Ti	15	4	560	450
Mn	11	9	140	100
Zn	1,2	8,5	5	8,5
Pb	0,6	0,3	1	1,6
Br	0,7	4	0,5	21

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ах=100-10	сильного Ах=10-5	слабого Ах=5-1	среднего Ах=1-0,1	слабого Ах=0,1-0,01	очень слабого Ах=0,01-0,001
Зизифора						
Мята						
Растительность суши	Mg, Zn, Br	Mn	Pb	Ti		

Вариант 12. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

Содержание химических элементов в золе растений (коэффициент Ах).

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Зизифора	Травосмесь	Почвы	
Fe	114	63	4600	4650
Cu	1,8	2,1	2	4,7
Pb	0,6	0,3	1	1,6
Br	0,7	2	0,5	0,2
Rb	1,2	0,1	6	15
Sr	13,4	4,3	30	34

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ах=100-10	сильного Ах=10-5	слабого Ах=5-1	среднего Ах=1-0,1	слабого Ах=0,1-0,01	очень слабого Ах=0,01-0,001
Зизифора						
Травосмесь						
Растительность	Br	Cu	Pb, Rb	Fe, Sr		

льность суши						
-----------------	--	--	--	--	--	--

Вариант 13. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Береза	Сосна	Почвы	
Zn	530	130	5	8,5
Pb	530	110	1	1,6
Ba	410	280	50	65
Ag	2,3	0,4	0,01	0,007
Mo	0,4	0,2	0,2	0,1
Ni	3	3	4	5,8

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного $A_x=100-10$	сильного $A_x=10-5$	слабого $A_x=5-1$	среднего $A_x=1-0,1$	слабого $A_x=0,1-0,01$	очень слабого $A_x=0,01-0,001$
Береза						
Сосна						
Растительность суши	Zn	Ag, Mo	Pb, Ni	Ba		

Вариант 14. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

**Содержание химических элементов в золе растений
(коэффициент A_x).**

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Тысячелистник	Травосмесь	Почвы	
Mg	370	300	1300	1870
Al	420	300	8700	8050
P	310	290	80	93
K	4500	3600	2600	2500
Cu	2	2,3	2	4,7

Zn	9,9	6	5	8,5
----	-----	---	---	-----

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ax=100-10	сильного Ax=10-5	слабого Ax=5-1	среднего Ax=1-0,1	слабого Ax=0,1-0,01	очень слабого Ax=0,01-0,001
Тысячел истник						
Травос месь						
Растите льность суши	Mg, P, Zn	Cu	K	Al		

Вариант 15. Рассчитайте коэффициенты биологического поглощения.

Содержание химических элементов в золе растений (коэффициент Ax).

Элементы	Содержание в золе растений и почвах района, $n \cdot 10^{-3} \%$			Кларк литосферы
	Зизифора	Шиповник	Почвы	
Mg	240	150	1300	1870
Si	230	20	31800	29500
S	360	55	85	47
Cl	130	17	10	17
Ca	2500	710	2900	2960
Ti	15	3	560	450

Ряды биологического поглощения.

Объект	Группы по А.И. Перельману					
	Биологического накопления			Биологического захвата		
	энергичного Ax=100-10	сильного Ax=10-5	слабого Ax=5-1	среднего Ax=1-0,1	слабого Ax=0,1-0,01	очень слабого Ax=0,01-0,001
Зизифора						
Шипов ник						
Растите льность суши	S, Mg		Ca	Si, Ti	Cl	

Лабораторная работа №11.

Определение влияния окружающей среды на древесную растительность.

Цель: *изучить влияние окружающей среды на древесную растительность.*

Теоретические сведения.

Все органы растений реагируют на загрязнение среды или абиотические факторы. Ростовые процессы у растений включают в себя множество подпроцессов. Растения подвержены очень большой изменчивости (особенно размеры листьев). Так, размеры листьев могут сильно увеличиваться после обрезки деревьев, так как приток пластических веществ из корневых систем распределяется на оставшиеся после обрезки листья, а также стимулирует пробуждение спящих почек. В то же время размер листьев может сильно уменьшаться в результате длительной весенней засухи. В санитарных зонах предприятий, в уличных посадках в большинстве случаев размеры листьев уменьшены по сравнению с более чистой загородной территорией.

Существует несколько способов измерения площади листьев – это весовой, при помощи светочувствительной бумаги, подсчета квадратиков на бумаге, планиметрический. Модификацией весового метода является разработка Л.В. Дорогань (1994), где предварительно для древесной породы определяется переводной коэффициент, а затем путем измерения длины и ширины листа производят массовые вычисления площади листьев.

Ход работы:

На занятие студенты приносят по 20-25 листьев каждой древесной породы с деревьев, растущих в разных экологических условиях.

Проводят сбор показателей по следующим параметрам:

- 1) направление улицы по сторонам света и увязка его с розой ветров;
- 2) определение стороны улицы (солнечная, теневая);
- 3) ширина улицы;
- 4) тип загруженности автотранспортом;
- 5) наличие высоких домов с обеих сторон улицы;
- 6) наличие продувов между домами;
- 7) наличие стоянок автотранспорта;
- 8) близость зеленых насаждений к дороге;
- 9) вид насаждений (улица, сквер, парк, двор).

Производится визуальная оценка состояния листа (повреждения, цвет, поверхность и так далее).

Установление переводного коэффициента основано на сравнении массы квадрата бумаг с массой листа, имеющего такие же размеры. Для этого берут бумагу и аккуратно обрисовывают контур листа. Вычисляют площадь бумаги, вырезают и взвешивают его, затем взвешивают лист.

Из полученных данных вычисляют переводной коэффициент по формулам 1 и 2.

Вычисление коэффициента производится на основании измерения 7-8 листьев. Таким же расчетом он устанавливается отдельно для каждого вида растений. Примерно для березы – 0,64; для яблони – 0,71-0,72; для тополей – 0,60-0,66.

Затем измеряют длину (А) и ширину (В) каждого листа и определяют относительные коэффициенты:

$$K = \frac{S_{л}}{S_{кв}} \quad (1)$$

$$M = \frac{P_{л}}{P_{кв}} \quad (2)$$

где, К, М – относительные коэффициенты,

Sl (Pl) – площадь (масса) листа, см² (г)

Skв, (Pкв)– площадь (масса) квадрата бумаги, см² (г), Skв = А·В.

Получаем ряд значений изменчивости площади листьев для каждой древесной породы в разных экологических условиях.

Для каждого ряда вычисляют среднеарифметические величины, сравнивают между собой. В случае большой выборки строят вариационные кривые встречаемости листьев определенной площади в разных условиях среды.

При этом все ряды по площади листьев разбивают на классы от самого маленького листа до самого большого с одинаковым шагом между классами. При работе при наличии 25 листьев достаточно 5 классов. Кривые сравнивают, делают выводы относительно различий в изменчивости площади листьев в зависимости от экологических условий. Устанавливают разницу в диапазоне изменчивости для маленьких и больших листьев.

Определение влажности листьев:

$$x = \frac{(a \cdot b) \cdot 100}{a}$$

где, **а** - масса влажного листа;

в - масса сухого листа.

Отчет о выполнении лабораторной работы должен содержать:

1. Таблицу с результатами вычислений;
2. Анализ влияния 9 показателей на вид и форму листьев.

	1 лист	2 лист	3 лист	...	25 лист
Масса квадрата бумаги					
Масса листа из бумаги					
Масса влажного листа					
Масса сухого листа					
Площадь квадрата бумаги					
К					
М					
Влажность листьев					

Лабораторная работа №12.

Определение степени влияния леса на состав атмосферы.

Цель: *провести оценку степени влияния леса на состав атмосферы.*

Теоретические сведения.

Лес — экологическая система, биоценоз в которой главной жизненной формой являются деревья.

Лес — это не просто совокупность деревьев и кустарников, лес является экосистемой — сложным сообществом из тесно связанных между собой элементов, сюда входят как живые организмы (биота), так и неживая, абиотическая составляющая — воздух, почва и вода. Лесная биота включает в себя, растительность, животных и микроорганизмы, причём лесная растительность — это не только древесная растительность, — это также травы, мхи, грибы, водоросли и лишайники. Потоки энергии и веществ (например, кислорода) циркулируют в экосистеме, образуя круговорот и связывая в одно целое все элементы живой и неживой природы. Примером являются процессы, связанные с фотосинтезом — процессом образования питательных веществ из воды и углекислого газа с использованием энергии солнечного света. Способностью к фотосинтезу обладают только зелёные растения, поэтому все остальные вынуждены питаться либо этими растениями, либо другими организмами, которые используют в пищу растения, и таким образом растения, прямо или косвенно, являются источником питания для всех организмов. Очень важна роль бактерий и других организмов, разлагающих отходы обмена веществ и остатки растений и животных, образуя более простые вещества, которые могут быть использованы в дальнейшем обмене веществ.

Лес имеет огромное санитарно-гигиеническое и целебное значение. В воздухе природных лесов присутствует более 300 наименований различных химических соединений. Леса активно преобразовывают некоторые атмосферные загрязнения. Наибольшей окисляющей способностью обладают хвойные — сосна, ель, можжевельник, а также некоторые сорта лип, берёз. Лес активно поглощает аэрозольные промышленные загрязнения, в частности осаждает в кронах пыль, с последующим переводом её в почву вместе с осадками, поддерживает постоянство состава воздуха (1 га леса осаждает до 50-70 т пыли в год). Лесные полосы вдоль дорог способствуют снижению шума от транспорта.

Пребывание в лесу благотворно влияет на нервную систему, тонус, усиливает двигательную и секреторную функции желудочно-кишечного тракта, способствует улучшению обмена веществ, стимулирует сердечную деятельность и повышает иммунитет.

Ход работы.

Полную годовую потребность человека в кислороде обеспечат 80 деревьев в возрасте от 20 до 60 лет. Оптимальное число деревьев в зеленой зоне города должно быть 400 шт. на 1 га. Рассчитайте, какое количество деревьев должно быть в зеленой зоне и какую площадь они займут (табл. 20).

Таблица 20.

Численность населения городов Приднестровья и Молдовы на 2023 год.

Город	Население, тыс. чел.
Тирасполь	133 837
Бендеры	91 957

Рыбница	47 924
Дубоссары	25 132
Слободзея	14 613
Днестровск	10 443
Григориополь	9 478
Каменка	8 910
Кишинев	673 558
Бельцы	102 960
Унгены	82 469
Сороки	37 588
Страшены	21 425
Дрокия	20 525
Каушаны	19 913
Комрат	2 688
Вулканешты	1 754

Контрольные вопросы:

1. Какое значение в жизни леса имеют составляющие атмосферу Земли газы?
2. Что такое фитонциды и их назначение?
3. Что такое газоустойчивость деревьев?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия: Учебник для студентов вузов / Н.С. Ахметов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1988. – 640 с.
2. Байтелова А.И., Шабанова С.В. Источники загрязнения объектов окружающей среды: Методические указания к лабораторным и практическим занятиям. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003.-47с.
3. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка; ред. А. И. Ермаков. – 30-е изд., испр. – М.: Интеграл-Пресс, 2005. – 727 с.
4. Екимова И.А. Физико-химические процессы в техносфере: методические указания к лабораторному практикуму. – Томск: ТУСУР, 2012. – 83 с.
5. Зайцев В.А. Промышленная экология: Учебное пособие / «ДеЛи». – М., 1999.- 140 с.
6. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учебное пособие / Д.А. Кривошеин – 2-е издание, стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 344 с.
7. Козлов Ю.С., Меньшова В.П., Святкин И.А. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учебное пособие / «Агар». - М., 2000.-210 с.
8. Коровин Н.В. Общая химия: Учебник для технических направлений и специальностей вузов / Н.В. Коровин. – 7-е изд., испр. – М.: Высшая школа, 2006. – 556 с.
9. Методика определения размера вреда, причиненного окружающей среде загрязнением атмосферного воздуха в результате пожаров на территории города Москвы от 13 сентября 2005 г. № 689-ПП

10. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю.А. Ершов [и др.]; ред. Ю.А. Ершов. – 4-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2003. – 559 с.
11. Пустовалова Л.М. Общая химия: учебник / Л.М. Пустовалова, И.Е. Никанорова. – 2-е изд. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 478 с.
12. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов / Министерство транспорта РФ. М.: ОАО ГипродорНИИ, 1995. 124 с.
13. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: учебное пособие / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. – 4-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 334 с.
14. Смирнов Г.В. Химия: Учебное пособие / Г.В. Смирнов, Г.М. Якунина; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра технологии радиоэлектронной аппаратуры. – Томск: ТМЦДО, 2000. – 157 с.
15. Смирнова Е.В. Мониторинг почв / Сост. Е.В. Смирнова, А.А. Валеева. – Казань: Казан.ун-т, 2015. – 50 с.
16. Суворов А.В. Общая химия: Учебник для вузов / А.В. Суворов, А.Б. Никольский. - СПб. : Химия, 1997. - 624 с.
17. Трифонов К.И. Физико-химические процессы в техносфере: учебник / К.И. Трифонов, В.А. Девисилов. – М.: Форум: Инфра – М, 2010. – 240 с.
18. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов / Я.А. Угай. – 4-е изд., стереотип. – М.: Высшая школа, 2004. – 526 с.

19. Хомченко И.Г. Общая химия: Учебное пособие для среднего профессионального образования / И.Г. Хомченко. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Новая Волна, 2005. – 461 с.
20. Химия: Большой энциклопедический словарь / Ред. И.Л. Кнунянц, Ред. Е.В. Вонский. –2-е (репринтное) изд. "Химического энциклопедического словаря" 1983 года. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – 792 с.
21. Химические методы анализа объектов окружающей среды: Лаб. практикум/ С.М.Чеснокова, В.Г. Амелин; Владим. гос. техн. ун-т. Владимир, 1996. 60 с.
22. Химия окружающей среды: Практикум / Т.А.Трифорова, Е.П.Гришина, Н.В. Мищенко, А.Л.Тихомиров; Владим. госуд. техн. унив-т. Владимир, 1996. 56 с.
23. Чернова Н. М. Лабораторный практикум по экологии. М.: Просвещение, 1986.
24. Чикин Е.В. Химия: Учебное пособие / Е.В. Чикин; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга. – Томск: ТУСУР, 2005. – 190 с.

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМ. Т.Г. ШЕВЧЕНКО

Кафедра «Техносферная безопасность»

Дисциплина «Физико-химические процессы в техносфере»

ОТЧЕТ

ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

(тема лабораторной работы)

Студент _____ Шифр _____ Группа _____

Вариант _____ Ф.И.О. преподавателя _____

Подпись студента _____ Подпись преподавателя _____

Дата сдачи работы _____ Дата проверки работы _____

Тирасполь, 20____ г

Учебное издание

Физико-химические процессы в техносфере: лабораторный практикум.

Составители:

Капитанчук Дарья Михайловна

Черниченко Наталья Сергеевна

Издается в авторской редакции

Компьютерная верстка Д.М. Капитанчук

Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 6,86. Электронное издание

Опубликовано на портале moodle.spsu.ru