

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

**Кафедра охраны окружающей среды
и рационального использования природных ресурсов**

ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**Методическое пособие
для выполнения контрольных работ**

Факультет – заочный

**Направление – 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»**

**Санкт-Петербург
2014**

УДК 502.3 (076.5)

Химия окружающей среды: методическое пособие для выполнения контрольных работ / сост.: Т.И. Буренина, О.А. Шанова, Т.А. Александрова; СПбГТУРП. – СПб., 2014. - 15 с.

Методическое пособие состоит из контрольных вопросов и задач в соответствии с рабочей программой дисциплины «Химия окружающей среды».

Предназначено для студентов заочной формы обучения по направлению – 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Рецензент: профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПбГТУРП,
канд. техн. наук Л.М. Исянов.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПбГТУРП (протокол № 1 от 25.09.14).

Утверждены к изданию методической комиссией инженерно-экологического факультета СПбГТУРП (протокол № 1 от 26.09.14).

© Буренина Т.И., Шанова О.А.,
Александрова Т.А., 2014
© Санкт-Петербургский
государственный технологический
университет растительных полимеров

Указания к выполнению контрольной работы

Контрольная работа может быть выполнена в рукописном варианте или с использованием компьютерной техники.

1. При оформлении титульного листа укажите дисциплину, по которой выполняется контрольная работа, форму обучения, шифр и наименование направления и специальности, шифр зачетной книжки, фамилию, имя, отчество, дату выполнения работы.
2. Вариант выполняемого задания соответствует последней цифре номера зачётной книжки студента.
3. При оформлении работы в рукописном варианте необходимо заполнять тетрадь разборчивым почерком через одну строку. Сокращения в тексте, кроме общепринятых, не допускаются, на каждой странице нужно оставлять поля для замечаний преподавателя.
4. При оформлении работы с использованием компьютерной техники необходимо оформить работу согласно требованиям: текст печатается на одной стороне листа формата А4, шрифт Times New Roman, 14-го размер, через 1,5 интервала, сквозная нумерация.
5. Номера и условия заданий должны быть указаны так, как это приведено в задании.
6. Математические действия в решении задач должны сопровождаться пояснениями, выявляющими логику решения; формулы при решении задачи нужно сопровождать расшифровкой величин, при подстановке значений в формулах нужно указывать размерность. В конце задачи должен быть приведен окончательный ответ и соответствующие ему единицы измерения.
7. Теоретические вопросы должны быть рассмотрены в последовательности, рекомендуемой в формулировке задания. Каждый аспект вопроса оформляется отдельным абзацем или предваряется подзаголовком.
8. Приводимые схемы, рисунки, графики и таблицы должны быть озаглавлены и снабжены комментариями, из которых становилась бы очевидной необходимость этой информации при рассмотрении вопроса.
9. При упоминании в тексте названий веществ и процессов, протекающих в окружающей среде, необходимо приводить химические формулы этих веществ, уравнения и механизмы протекания процессов, строение и структуры рассматриваемых объектов, если это необходимо для понимания процесса.
10. В конце работы необходимо привести список используемой литературы и интернет-ресурсов согласно установленным требованиям к оформлению библиографического списка с указанием тех заданий, в которых они были использованы.
11. Перед тем как сдать работу на проверку, её необходимо зарегистрировать.
12. После проверки контрольной работы преподаватель выставляет отметку «зачтено» или «не зачтено» с указанием замечаний. При получении не-

зачтённой работы студент повторно выполняет работу с учетом замечаний и отдает её на проверку вместе с первоначальным вариантом.

13. Контрольная работа, оформленная небрежно, написанная неразборчивым почерком, выполненная по неправильно выбранному варианту, возвращается студенту без проверки с указанием причин возврата.

Контрольная работа состоит из контрольных вопросов и расчетных заданий. Каждый студент выполняет свой вариант задания и отвечает на вопросы, номера которых совпадают с последней цифрой номера зачетной книжки.

Контрольные вопросы

Вопрос № 1. В соответствии со своим вариантом (табл. 1) опишите сущность, физико-химические основы, причины, масштаб и последствия указанных экологических угроз и проблем. Предложите программы предупреждения, уменьшения воздействия и ликвидации последствий негативного воздействия на окружающую среду и человека.

Таблица 1. Варианты заданий для ответа на вопрос № 1

Вариант	Экологическая проблема
1	Разрушение озонового слоя Земли
2	Парниковый эффект
3	Лондонский смог
4	Фотохимический смог
5	Кислотные дожди
6	Диоксины
7	Автомобильный транспорт и загрязнение окружающей среды
8	Проблемы утилизации бытовых отходов
9	Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами
0	Радиоактивное загрязнение окружающей среды

Вариант ответа

Рассмотрение проблемы «Запыленность атмосферы».

Сущность проблемы. Поглощение пылью солнечного излучения и как результат – недополучение Землёй необходимого количества солнечной энергии, угнетение процесса фотосинтеза, недостаток продуктов питания, снижение температуры окружающей среды. Результатами предельной запылённости атмосферы могут стать «ядерная ночь» и «ядерная зима». Кроме того, нарушается связь, затрудняется движение транспорта, возникают проблемы с дыханием вплоть до смертельных исходов.

Причиной могут быть как явления природного происхождения, так и различные антропогенные воздействия. К природным можно отнести вулканические извержения, песчаные бури и т.д. К прямым техногенным причинам относятся дымовые выбросы ТЭЦ и других предприятий, пыление золоотвалов, пожары, транспорт. Непрямые воздействия, увеличивающие запыленность атмосферы – это эрозия почв.

Физико-химические основы. Пылевые частички, взвешенные в воздухе, могут осаждаться под действием силы тяжести, вызывая эрозию горных пород, строительных конструкций, затруднение дыхания растений и т. д.

Коллоидные частички поглощают, рассеивают и отражают солнечные лучи, мешая им достигнуть земной поверхности, ухудшая видимость. Кроме того, на поверхности пылинок начинают активно протекать реакции, приводящие ко вторичному загрязнению атмосферы, так как оксиды железа, алюминия, магния и других металлов служат катализаторами. Например:

$$2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} 2\text{SO}_3, \text{ далее } \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ и другие реакции.}$$

Масштаб проблемы. Масштаб проблемы планетарный, так как образование источников пыли происходит повсеместно. Где есть пустыни, возникают торнадо, гроза инициируют огромные лесные пожары т.д., не говоря уже о техногенных источниках.

Последствия увеличения запылённости атмосферы могут привести к таким явлениям как «ядерная ночь», «ядерная зима» и т.д. Приведите ряд сценариев развития ситуаций.

Предупреждение, снижение негативных воздействий и ликвидацию последствий необходимо описать последовательно:

- в техносфере человек принимает меры по предупреждению выбросов пыли (приведите примеры для различных источников пыли);
- в природной среде можно привести примеры лесозащитных мероприятий, организацию ландшафтов, обводнение торфяников и т.д.

Вопрос № 2. В соответствии с выбранным вариантом (табл. 2) опишите воздействие на животные и растительные организмы указанных элементов. Приведите формы их существования в атмосфере, гидросфере и литосфере, значения предельно допустимых концентраций (ПДК), укажите, по какому показателю вредности они установлены.

Вопрос № 3. В соответствии с выбранным вариантом (табл. 3) опишите физические, физико-химические и химические свойства газа, источники его поступления в атмосферу, время пребывания в ней. Приведите уравнения реакций превращения газа и укажите процессы его удаления из атмосферы; реакции кислотно-основного взаимодействия, окисления-восстановления, осаждения,

комплексобразования; процессы растворения, адсорбции, диффузии. Опишите характер влияния газа на качества атмосферы и человека. Приведите ПДК газа для воздуха. Предложите способы защиты дыхательных путей от этого газа, иллюстрируйте предложения уравнениями реакций.

Таблица 2. Варианты заданий для ответа на вопрос № 2

Вариант	Вещество
1	Остаточный алюминий (III)
2	Марганец (II)
3	Свинец (II)
4	Цианид-ион
5	Ртуть (II)
6	Азот нитратный
7	Аммиак
8	Сероводород
9	Фторид-ион
0	Хром (III)

Таблица 3. Варианты заданий для ответа на вопрос № 3

Вариант	Газ
1	Озон
2	Диоксид азота
3	Хлороводород
4	Оксид углерода (II)
5	Аммиак
6	Оксид азота (II)
7	Диоксид серы
8	Пероксиацетилнитрат (ПАН)
9	Диоксид углерода
0	Сероводород

Вопрос № 4. В соответствии с вариантом (табл. 4) опишите изменение показателей качества окружающей среды в результате указанной чрезвычайной ситуации (стихийного бедствия, природного катаклизма).

Таблица 4. Варианты заданий для ответа на вопрос № 4

Вариант	Чрезвычайная ситуация
1	Извержение вулкана
2	Взрыв реактора на АЭС
3	Горение торфяников
4	Разлив ртути в рабочем помещении
5	Возгорание городской свалки
6	Образование «озоновой» дыры
7	Фотохимический смог
8	«Кислотный дождь»
9	Авария танкера в море
0	Пожар на заводе переработки пластмассовых отходов

Задачи

Задание № 1.

В данном задании рассмотрены способы выражения и пересчёта содержания веществ в различных средах.

Наиболее часто концентрация компонентов *в газовой фазе* выражается в виде:

- объёмной массовой концентрации, $\bar{c}$, кг/м³;
- объёмной мольной концентрации, c , кмоль/м³;
- мольной доли, y , кмоль/кмоль;
- объёмных процентов, $y \cdot 100$ %;
- массовой доли, $\bar{x}$, кг/кг;
- весовых процентов, $\bar{x} \cdot 100$ %;
- парциального давления, p , Па.

В некоторых случаях удобно концентрацию выражать в относительных мольных долях Y или в относительных массовых долях $\bar{Y}$.

Концентрация компонента *в жидкой фазе* выражается аналогичными способами (кроме выражения через парциальное давление), имеющими такие же названия и соответственно следующие обозначения: $\bar{c}$, c , x , $\bar{x}$, X , $\bar{X}$.

Пересчет из одного способа выражения концентрации в другой осуществляется с помощью следующих основных формул:

$$C_r = \frac{\bar{C}_r}{M_k}; \quad (1)$$

$$y = \frac{C_r RT}{P_{\text{общ}}}; \quad (2)$$

$$\bar{y} = y \frac{M_k}{M_r}; \quad (3)$$

$$p = y \cdot P_{\text{общ}}; \quad (4)$$

$$x = \frac{C_{\text{ж}} \cdot M_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}}; \quad (5)$$

$$Y = \frac{y_i}{1 - \sum_{i=1}^n y_i}; \quad (6)$$

$$X = \frac{x_i}{1 - \sum_{i=1}^n x_i}; \quad (7)$$

где M_k — молекулярная масса компонента, кг/кмоль;

$M_{\text{ж}}$ — молекулярная масса жидкости, кг/кмоль (принимают 18 кг/кмоль);

M_r — молекулярная масса газовой фазы, кг/кмоль (принимают 28 кг/кмоль);

$P_{\text{общ}}$ — общее давление газовой смеси, Па;

R — универсальная газовая постоянная, равная 8314,4 м³·Па/кмоль·К;

$\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, кг/м³ (принимают 1000 кг/м³);

T — температура, К.

Объемную или массовую концентрации также выражают в ppm (объемная концентрация – мл/м³ (или см³/м³, млн⁻¹), массовая – мг/кг) или ppb (мкл/м³ (или мм³/м³) и мкг/кг соответственно). Формулы для пересчета приведены в табл. 5.

Таблица 5. Формулы для пересчёта концентраций в ppm_{об.} и ppb_{об.}

Исходное	мг/л	мг/м ³	% _{об.}	ppm _{об.} (см ³ /м ³)	ppb _{об.} (мм ³ /м ³)
Искомое					
мг/л	1	10 ³	22,4/Мк	(22,4/Мк)10 ⁴	(22,4/Мк)10 ⁷
мг/м ³	10 ⁻³	1	(22,4/Мк)10 ³	(22,4/Мк)10	(22,4/Мк)10 ⁴
% _{об.}	4,2·Мк·10 ⁻¹	4,2·Мк·10 ⁻²	1	10 ⁴	10 ⁷
ppm _{об.} (см ³ /м ³)	4,2·Мк·10 ⁻⁵	4,2·Мк·10 ⁻²	10 ⁻⁴	1	10 ³
ppb _{об.} (мм ³ /м ³)	4,2·Мк·10 ⁻⁸	4,2·Мк·10 ⁻⁵	10 ⁻⁷	10 ⁻⁴	1

Пересчет концентраций компонентов в газовой и в жидкой фазах можно осуществить с помощью формул, представленных в табл. 7 и 8 соответственно ($M_{\text{ог}}$, $M_{\text{ож}}$ – молекулярные массы носителя в газовой и жидкой фазах (воздух и вода) соответственно). В связи с тем, что значения величин M_r и $M_{\text{ог}}$, а также $M_{\text{ж}}$ и $M_{\text{ож}}$ близки, то можно принять, что $M_{\text{ог}} = M_r$ и $M_{\text{ож}} = M_{\text{ж}}$.

Согласно условиям табл. 6 необходимо найти концентрации вещества в газовой и жидкой фазах.

Таблица 6. Варианты задач для выполнения задания № 1

№ варианта	Вещество	Р _{общ.}	Т, К	Исходная концентрация		Найти
				газовая фаза	жидкая фаза	
1	Диоксид азота	756 мм рт.ст.	297	0,1 г/м ³	2 % _{об.}	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
2	Диоксид серы	10 ⁵ Па	303	20 кПа	0,3 г/м ³	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{y}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
3	Диоксид углерода	101 кПа	321	2 % _{об.}	5 моль/м ³	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
4	Диоксид серы	10 ⁵ Па	297	15 мл/м ³	5 %	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
5	Диоксид азота	761 мм рт.ст.	303	5 % _{об.}	0,2 г/м ³	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
6	Сероводород	771 мм рт.ст.	293	20 мл/м ³	0,3 % _{об.}	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
7	Диоксид серы	101 кПа	297	10 моль/м ³	0,2 % _{об.}	Газ: $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
8	Аммиак	10 ⁵ Па	285	0,3 % _{об.}	3 моль/м ³	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
9	Диоксид углерода	101 кПа	295	115 мм вод.ст.	0,4 г/м ³	Газ: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$
10	Диоксид азота	740 мм рт.ст.	303	1,5 г/м ³	0,8 % _{об.}	Газ: $\bar{c}$, $\bar{y}$, $\bar{y}$, $\bar{p}$, $\bar{Y}$, $\bar{Y}$, ppm _{об.}
						Ж.: $\bar{c}$, $\bar{c}$, $\bar{x}$, $\bar{X}$, $\bar{X}$

№ варианта	Вещество	Робщ.	Т, К	Исходная концентрация		Найти
				газовая фаза	жидкая фаза	
						$\bar{X}$

Таблица 7. Формулы для пересчета компонентов в газовой фазе

Вели- чины	C	$\bar{C}$	y	$\bar{y}$	p	Y	$\bar{Y}$
C	-	$\frac{\bar{C}}{M_k}$	$\frac{Py}{RT}$	$\frac{P}{RT} \cdot \frac{M_r \bar{y}}{M_k}$	$\frac{p}{RT}$	$\frac{P}{RT} \cdot \frac{Y}{1 + \sum Y}$	$\frac{P}{RT} \cdot \frac{M_r \bar{Y}}{M_k (1 + \sum \bar{Y})}$
$\bar{C}$	$M_k C$	-	$\frac{PM_k y}{RT}$	$\frac{P}{RT} \cdot M_r \bar{y}$	$\frac{M_k p}{RT}$	$\frac{P}{RT} \cdot \frac{M_k Y}{1 + \sum Y}$	$\frac{P}{RT} \cdot \frac{M_r \bar{Y}}{1 + \sum \bar{Y}}$
y	$\frac{CRT}{P}$	$\frac{\bar{C}RT}{PM_k}$	-	$\frac{M_r \bar{y}}{M_k}$	$\frac{p}{P}$	$\frac{Y}{1 + \sum Y}$	$\frac{M_r}{M_k} \cdot \frac{\bar{Y}}{1 + \sum \bar{Y}}$
$\bar{y}$	$\frac{RTM_k C}{PM_k}$	$\frac{\bar{C}RT}{PM_r}$	$\frac{M_k y}{M_r}$	-	$\frac{M_k p}{M_r P}$	$\frac{M_k Y}{M_{0r} + \sum M_k X}$	$\frac{\bar{Y}}{1 + \sum \bar{Y}}$
p	CRT	$\frac{\bar{C}RT}{M_k}$	Py	$\frac{M_r P \bar{y}}{M_k}$	-	$\frac{PY}{1 + \sum Y}$	$\frac{PM_r}{M_k} \cdot \frac{\bar{Y}}{1 + \sum \bar{Y}}$
Y	$\frac{C}{\frac{P}{RT} - \sum C}$	$\frac{\bar{C}}{\frac{P}{RT} M_k - \sum \bar{C}}$	$\frac{y}{1 - \sum y}$	$\frac{M_{0r}}{M_r} \cdot \frac{\bar{y}}{1 - \sum \bar{y}}$	$\frac{p}{P - \sum p}$	-	$\frac{M_{0r}}{M_k} \bar{Y}$
$\bar{Y}$	$\frac{C}{\frac{P}{RT} \cdot \frac{M_r}{M_k} - \sum C}$	$\frac{\bar{C}}{\frac{P}{RT} M_r - \sum \bar{C}}$	$\frac{M_k}{M_{0r}} \cdot \frac{y}{1 - \sum y}$	$\frac{\bar{x}}{1 - \sum \bar{x}}$	$\frac{M_k}{M_{0r}} \cdot \frac{p}{P - \sum p}$	$\frac{M_k}{M_{0r}} Y$	-

Таблица 8. Формулы для пересчета компонентов в жидкой фазе

Вели- чины	C	$\bar{C}$	x	$\bar{x}$	x	$\bar{X}$
---------------	---	-----------	---	-----------	---	-----------

C	-	$\frac{\bar{C}}{M_K}$	$\frac{\rho_{ж} x}{M_{ж}}$	$\frac{\rho_{ж} \bar{x}}{M_K}$	$\frac{\rho_{ж}}{M_{ж}} \cdot \frac{X}{1 + \sum X}$	$\frac{\rho_{ж}}{M_K} \cdot \frac{\bar{X}}{1 + \sum \bar{X}}$
$\bar{C}$	$M_K C$	-	$\frac{\rho_{ж} M_K x}{M_{ж}}$	$\rho_{ж} \bar{x}$	$\frac{\rho_{ж} M_K}{M_{ж}} \cdot \frac{X}{1 + \sum X}$	$\rho_{ж} \cdot \frac{\bar{X}}{1 + \sum \bar{X}}$
x	$\frac{M_{ж} C}{\rho_{ж}}$	$\frac{M_{ж} \bar{C}}{\rho_{ж} M_K}$	-	$\frac{M_{ж} \bar{x}}{M_K}$	$\frac{X}{1 + \sum X}$	$\frac{M_{ж}}{M_K} \cdot \frac{\bar{X}}{1 + \sum \bar{X}}$
$\bar{x}$	$\frac{M_K C}{\rho_{ж}}$	$\frac{\bar{C}}{\rho_{ж}}$	$\frac{M_K x}{M_{ж}}$	-	$\frac{M_K}{M_{ж}} \cdot \frac{X}{1 + \sum X}$	$\frac{\bar{X}}{1 + \sum \bar{X}}$
X	$M_{0ж} \cdot \frac{C}{\rho_{ж} - \sum M_K C}$	$\frac{M_{0ж}}{M_K} \cdot \frac{\bar{C}}{\rho_{ж} - \sum \bar{C}}$	$\frac{x}{1 - \sum x}$	$\frac{M_{0ж}}{M_K} \cdot \frac{\bar{x}}{1 - \sum \bar{x}}$	-	$\frac{M_{0ж}}{M_K} \bar{X}$
$\bar{X}$	$M_K \cdot \frac{C}{\rho_{ж} - \sum M_K C}$	$\frac{\bar{C}}{\rho_{ж} - \sum \bar{C}}$	$\frac{M_K}{M_{0ж}} \cdot \frac{x}{1 - \sum x}$	$\frac{\bar{x}}{1 - \sum \bar{x}}$	$\frac{M_K}{M_{0ж}} X$	-

Пример расчета

Исходные данные: содержание аммиака в газовой фазе $y = 10 \text{ \%}_{\text{об.}}$;

в жидкой фазе $\bar{x} = 10 \text{ \%}_{\text{вес.}}$;

$P_{\text{общ}} = 760 \text{ мм рт. ст.}$;

$T = 273 \text{ К}$;

$M_{\text{Г}} = 28 \text{ кг/кмоль}$;

$M_{\text{ж}} = 18 \text{ кг/кмоль}$;

$M_{\text{к}} = 17 \text{ кг/кмоль}$;

$R = 8314,4 \text{ м}^3 \cdot \text{Па/кмоль} \cdot \text{К}$;

$\rho_{\text{ж}} = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Найти: для газовой фазы: $\bar{c}$, c , y , $\bar{Y}$, p , Y , $\bar{Y}$, $\text{ppm}_{\text{об.}}$; для жидкой фазы: $\bar{c}$, c , x , X , $\bar{X}$.

Решение:

Для газовой фазы

Мольная доля $y = 10/100 = 0,1 \text{ кмоль/кмоль}$;

массовая доля $\bar{y} = y \frac{M_{\text{к}}}{M_{\text{Г}}} = 0,1 \frac{17}{28} = 0,061 \text{ кг/кг}$ или $6,1 \text{ \%}_{\text{вес.}}$;

объемная мольная концентрация $C_{\text{Г}} = \frac{y P_{\text{общ}}}{RT} = \frac{0,1 \cdot 760 \cdot 133,3}{8314,4 \cdot 273} = 0,0045 \text{ кмоль/м}^3$;

объемная массовая концентрация $\bar{C}_{\text{Г}} = C_{\text{Г}} \cdot M_{\text{к}} = 0,0045 \cdot 17 = 0,0758 \text{ кг/м}^3$;

парциальное давление $p = C_{\text{Г}} \cdot R \cdot T = 0,0045 \cdot 8314,4 \cdot 273 = 10214 \text{ Па}$;

относительная мольная доля $Y = \frac{y}{1-y} = \frac{0,1}{1-0,1} = 0,111$;

относительная массовая доля $\bar{Y} = \frac{\bar{y}}{1-\bar{y}} = \frac{0,061}{1-0,061} = 0,065$;

$\text{ppm}_{\text{об.}} = 10^{-4} \%_{\text{об.}} = 10^{-4} \cdot 10 = 0,001 \text{ см}^3/\text{м}^3$.

Для жидкой фазы:

Массовая доля $\bar{x} = 10/100 = 0,1 \text{ кг/кг}$;

мольная доля $x = \bar{x} \frac{M_{\text{ж}}}{M_{\text{к}}} = 0,1 \frac{18}{17} = 0,106 \text{ кмоль/кмоль}$ или $10,6 \text{ \%}_{\text{об.}}$, или $0,106$ в долях;

объемная мольная концентрация $C_{\text{ж}} = \frac{x \cdot \rho_{\text{ж}}}{M_{\text{ж}}} = \frac{0,106 \cdot 1000}{18} = 5,89 \text{ кмоль/м}^3$;

объемная массовая концентрация $\bar{C}_{\text{ж}} = C_{\text{ж}} \cdot M_{\text{к}} = 5,89 \cdot 17 = 100,11 \text{ кг/м}^3$;

относительная мольная доля $X = \frac{x}{1-x} = \frac{0,106}{1-0,106} = 0,119$;

относительная массовая доля $\bar{X} = \frac{\bar{x}}{1-\bar{x}} = \frac{0,1}{1-0,1} = 0,111$.

Задание № 2

Согласно условиям табл. 9 найти для всех вариантов значение G_k ; для вариантов 1, 2, 5, 10 – значение τ , для вариантов 3, 4, 6-9 – значение A . Для решения вариантов 2, 3 исходную концентрацию пересчитать в мольные доли по формулам задания № 1.

Одним из важных показателей, характеризующих распространение примесей в атмосфере, является время пребывания их в рассматриваемом объеме атмосферы. В случае динамического равновесия, которому соответствует равенство скоростей поступления примеси из всех возможных источников и суммарного выделения примеси из ограниченного объема, время пребывания примеси можно выразить через следующее уравнение:

$$Q = Q_1 = Q_2 = \frac{A}{\tau}, \quad (8)$$

где Q_1, Q_2 – скорость поступления и выделения (вещества) в единицу времени для произвольного объема атмосферы, т/год, м³/год;

A – общее количество примеси, содержащееся в произвольном объеме атмосферы, т, м³;

τ - время пребывания примеси в произвольном объеме атмосферы, год.

Количество примеси в атмосфере можно рассчитать по формуле:

$$A = G_k = N_k \cdot M_k, \quad (9)$$

где M_k — молекулярная масса примеси, кг/кмоль; N_k – количество молей вещества, содержащегося в атмосфере, кмоль.

$$N_k = y \cdot N_{\text{возд}}, \quad (10)$$

$N_{\text{возд}}$ - общее количество условных молей воздуха в слое атмосферы, составляющем 90 % от общей массы, y - концентрация вещества в мольных долях.

$$N_{\text{возд}} = \frac{M_{\text{атм}}}{M_v} \cdot 0,9, \quad (11)$$

где $M_{\text{атм}}$ – масса атмосферы ($5,1 \cdot 10^{15}$ т); M_v – молекулярная масса воздуха (29 кг/кмоль).

Таблица 9. Варианты для выполнения задания № 2

варианта №	Вещество	Концентрация вещества	A	Q	τ

1	CH ₄	1,7 мл/м ³	-	550 млн т/год	?
2	NH ₃	0,005 мг/м ³	-	74 млн т/год	?
3	SO ₂	-	?	150 млн т/год	3-7 сут.
4	NO ₂	-	?	20 млн т/год	4 сут.
5	CO ₂	-	8·10 ¹² т	2·10 ¹² т/год	?
6	CO	-	?	250 млн т/год	0,1 год
7	O ₃	-	?	3,29·10 ⁹ т/год	0,3-2 года
8	COS	55·10 ⁻⁹ %	?	-	1,5 года
9	H ₂	5·10 ⁻⁵ %	?	-	4-8 лет
10	H ₂ S	-	0,3 млн т	101 млн т/год	?

Пример расчета

Определите среднее время пребывания паров воды в атмосфере, а также их количество, если в ней находится ориентировочно $12,9 \cdot 10^{12}$ м³ воды в парообразном состоянии, а на поверхность суши и океана выпадает в виде атмосферных осадков в среднем $577 \cdot 10^{12}$ м³ воды в год. Содержание воды в атмосфере (в виде водяных паров) колеблется от 0,2 % до 2,5 % по объёму

Решение:

Среднее время пребывания паров воды в атмосфере в условиях динамического равновесия:

$$\tau = \frac{A}{Q} = \frac{12,9 \cdot 10^{12} \text{ м}^3}{577 \cdot 10^{12} \frac{\text{м}^3}{\text{год}}} = 0,0224 \text{ года} = 8,16 \text{ дней.}$$

Общее количество условных молей воздуха в слое атмосферы:

$$N_{\text{возд}} = \frac{M_{\text{атм}}}{M_{\text{в}}} \cdot 0,9 = \frac{5,1 \cdot 10^{15} \cdot 10^3 \text{ кг}}{29 \text{ кг / кмоль}} \cdot 0,9 = 1,58 \cdot 10^{20} \text{ моль.}$$

Примем содержание паров воды в атмосфере – 0,2 %, тогда

$$N_{\text{к}} = y \cdot N_{\text{возд}} = 0,002 \cdot 1,58 \cdot 10^{20} \text{ моль} = 3,16 \cdot 10^{17} \text{ моль;}$$

$$G_{\text{к}} = N_{\text{к}} \cdot M_{\text{к}} = 3,16 \cdot 10^{17} \text{ моль} \cdot 18 \text{ г/моль} = 5,69 \cdot 10^{12} \text{ т.}$$

Задание № 3

В соответствии с вариантом (табл. 10) определите, во сколько раз будет превышено (или нет) значение ПДК_{м.р.} ЗВ при обнаружении его запаха (варианты 1-5), сколько молекул формальдегида присутствует в см³ воздуха (варианты 6, 9), пересчитайте концентрации веществ (варианты 7, 8, 10).

Пример расчета

Определите, сколько молекул формальдегида присутствует в см^3 воздуха, если его концентрация составляет 0,2 Па, температура воздуха 297 К, барометрическое давление воздуха 101,3 кПа.

Решение:

Для определения количества молекул формальдегида в воздухе необходимо знать количество ЗВ в молях, так как в 1 моль газообразного вещества содержится $6,02 \cdot 10^{25}$ молекул (число Авогадро N_A).

Если $p = 0,2$ Па, то, в соответствии с табл. 7, $c = \frac{p}{RT}$.

Тогда:
$$c = \frac{0,2 \text{ Па}}{8314,4 \frac{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}} \cdot 297 \text{ К}} = 8 \cdot 10^{-8} \text{ кмоль} / \text{м}^3 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ моль} / \text{м}^3 = 8 \cdot 10^{-11} \text{ моль} / \text{см}^3.$$

Таким образом, количество молекул формальдегида $N = c \cdot N_A = 8 \cdot 10^{-11} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,8 \cdot 10^{13}$ молекул/см³.

Таблица 10. Варианты задания № 3

№ варианта	Загрязняющее вещество, ЗВ	Порог обнаружения запаха	Концентрация ЗВ в воздухе	ПДК _{м.р.} , мг/м ³	давление воздуха, кПа	Барометрическое Температура, Т, К	Задание
1.	Аммиак	46,6 ppm _{об.}	-	0,2	101,3	298	Во сколько раз будет превышено (или нет) значение ПДК _{м.р.} ЗВ при обнаружении его запаха
2.	Уксусная кислота	1 млн ⁻¹	-	0,2	101,3	293	Во сколько раз будет превышено (или нет) значение ПДК _{м.р.} ЗВ при обнаружении его запаха
3.	Сероводород	0,11 Па (1,5 мг/м ³)	-	0,008	101,3	293	Во сколько раз будет превышено (или нет) значение ПДК _{м.р.} ЗВ при обнаружении его запаха
4.	Диоксид серы	6,2·10 ⁻⁵ % (1,6 мг/м ³)	-	0,5	101,3	300	Во сколько раз будет превышено (или нет) значение ПДК _{м.р.} ЗВ при обнаружении его запаха
5.	Диоксид азота	5·10 ⁻⁶ моль/м ³ (1,6 мг/м ³)	-	0,2	101,3	285	Во сколько раз будет превышено (или нет) значение ПДК _{м.р.} ЗВ при обнаружении его запаха
6.	Формальдегид	-	-	0,035	101,3	298	Сколько молекул формальдегида присутствует в см ³ воздуха, если его концентрация равна ПДК _{м.р.}
7.	Диоксид углерода	-	365 млн ⁻¹	-	101,3	273	Определить значение концентрации СО ₂ в % _{об.} , моль/м ³ , мг/м ³
8.	Уксусная кислота	-	35 Па	-	101,3	298	Определить значение концентрации кислоты в % _{вес.} , ppm _{об.} , мг/м ³

9.	Диоксид углерода	-	340 млн ⁻¹	-	101,3	273	Сколько молекул диоксида углерода присутствует в см ³ воздуха при данной концентрации
10.	Диоксид серы	-	0,01% _{об.}	-	101,3	298	Определить значение концентрации SO ₂ в % _{вес.} , г/м ³ , мм.рт.ст.

Библиографический список

1. Голдовская Л. Р. Химия окружающая среды: учебник для вузов. - М.: Мир; БИНОМ, 2008.-295 с.
2. Исидоров В. А. Экологическая химия: учебное пособие для вузов. – СПб: Химиздат, 2001. – 304 с.
3. Тарасова Н. Н., Кузнецов В. А., Сметанников Ю. В., Малков А. В. Задачи и вопросы по химии окружающей среды: учебное пособие. – М.: Мир, 2002. – 368 с.
4. Григорьев Л. Н., Буренина Т. И. Химия окружающей среды (атмосфера, литосфера): учебное пособие. – СПб.: СПбГТУРП, 2000. Часть 1 – 71 с.
5. Трифонов К. М., Девисилов В. А. Физикл-химические процессы в техносфере: учебник. – М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. – 240 с.
6. Хаканина Т. М., Никитина Н. Г., Суханова Л. С. и др. Химия окружающей среды: учебное пособие. – М.: Высшее образование, 2009. – 130 с.
7. Садовникова Л. К., Орлов Д. С., Лозинская И. Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 334 с.

Учебное издание

Буренина Татьяна Ивановна
Шанова Ольга Александровна
Александрова Татьяна Александровна

ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Методическое пособие
для выполнения контрольных работ

Редактор и корректор В. А. Басова
Технический редактор Л. Я. Титова

Темплан 2014 г., поз.146

Подп. к печати 22.12.2014	Формат 60x84/16.	Бумага тип. № 1.
Печать офсетная.	Объём 1,0 печ. л.;	1,0 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз.	Изд. № 146.	Цена «С». Заказ

Ризограф Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.