

Министерство образования и науки Российской Федерации
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

М.И. ЛЕБЕДЕВА, И.А. АНКУДИМОВА, О.С. ФИЛИМОНОВА

*Светлой памяти
Надежды Александровны Сухоруковой
посвящается*

ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

(ЗАДАЧИ, УПРАЖНЕНИЯ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ)

Рекомендовано Учёным советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов дневной и заочной форм обучения
направления 280200, 280202, 280700, 022000



Тамбов
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
2012

УДК 543.2(075)
ББК Б1я72-2
Л33

Рецензенты:

Доктор химических наук, профессор
заведующий кафедрой химии ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
А.Б. Климиник

Доктор медицинских наук
доцент кафедры ПиЗОС ФГБОУ ВПО «ТГТУ»,
П.Н. Савилов

Лебедева, М.И.

Л33 Химическая экология (задачи, упражнения, контрольные вопросы) : учебное пособие / М.И. Лебедева, И.А. Анкудимова, О.С. Филимонова. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 100 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-1099-5.

Учебное пособие составлено в соответствии с Государственным образовательным стандартом. Представлены четыре раздела (атмосфера, гидросфера, литосфера и экологические аспекты в оценке и прогнозировании здоровья человека), которые включают в себя теоретическую часть, решение типовых задач и задачи для самостоятельного решения, различные по сложности и структуре.

Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения направлений 280200, 280202, 280700, 022000. Некоторые разделы будут полезны студентам всех направлений и преподавателям, интересующимся современными проблемами химии и экологии.

УДК 543.2(075)
ББК Б1я73-2

*Надежда Александровна Сухорукова (1959 – 2005),
кандидат медицинских наук доцент ТГУ им. Г.Р. Державина,
сотрудничала с М.И. Лебедевой и И.А. Анкудимовой
в области экологии и валиологии*

ISBN 978-5-8265-1099-5

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2012

В биосфере миграция химических элементов происходит при обязательном или опосредственном участии живых организмов.

В.И. Вернадский

Можно, пожалуй, сказать, что назначение человека заключается в том, чтобы уничтожить свой род, предварительно сделав земной шар непригодным для обитания.

Жан Батист Ламарк

ВВЕДЕНИЕ

Возникнув в недрах биологии (с 1922 г. её называли биоэкологией), в настоящее время экология представляет собой сложный интегрированный комплекс наук, охватывающий круг явлений в биосфере, химии, химической технологии, сельском хозяйстве и т.д. Экология является перекрестком для специалистов всех направлений. Экологические знания являются насущной необходимостью сегодняшнего дня, когда учебным классом является весь мир.

Великие достижения человеческой цивилизации – освоение космоса, овладение атомной энергией и многие другие порой сопровождались трагическими экологическими последствиями. Яркими примерами всевозрастающей экологической проблемы являются: расширение засушливых районов вокруг Арала; землетрясение в Японии 11 марта 2011 г. и последовавшее за ним цунами с колоссальными разрушениями, огромным количеством жертв и катастрофой на АЭС «Фукусима-1». Число жертв стихийных бедствий в 2010 г. оказалось одним из самых высоких за несколько десятилетий (погибло более четверти миллиона человек). Два крупнейших землетрясения на Гаити и в Чили, аномально жаркое лето в Европейской части России «нарушение экологии на обширной территории Центрального и Приволжского Федеральных округов», наводнение в Пакистане, вызванное ливнями, разрушительные ураганы в Европе и Северной Америке и т.д. и т.п.

Стремительная урбанизация и изменение климата – основные угрозы экологической, экономической и социальной стабильности в мире. Экологические проблемы необычайно трудны тем, что они многосвязные, охватывают всю систему отношений живых организмов и неживой природы. Человек был связан с окружающей средой и с ростом научно-технического прогресса, его влияние на природу стало масштабнее и избирательнее. Это привело к глобальной опасности для человечества – химическому загрязнению среды несвойственными ей веществами химической

природы. Для решения этой проблемы требуется качественно новый подход к оценке взаимодействия человека с окружающей средой, приводящего к изменению химического состава компонентов окружающей среды и к смещению природного равновесия.

Химические знания – неотъемлемая часть знаний об основах охраны природы, рациональном природопользовании и разумном, не разрушительном преобразовании окружающей среды. Подтверждением связи экологии с химией является открытие немецким химиком Ю. Либихом первого закона экологии – закона минимума. Роль химии в решении экологических проблем на современном этапе значительна: изучая состав, строение и свойства веществ, химия должна объяснить, как ведёт себя то, или иное вещество в атмосфере, почве, водной среде, какие воздействия оказывают оно и продукты его превращений на биологические системы; раскрывая механизмы биохимических процессов в природном круговороте элементов, химия способствует решению задачи наиболее естественно-го «безболезненного» вхождения промышленного производства в природные циклы, делая его частью какой-либо экосистемы; используя разнообразные методики химико-аналитического контроля состояния объектов окружающей среды или качества готовой продукции ряда отраслей промышленности (пищевой, нефтехимической, микробиологической, фармацевтической и т.д.), химия позволяет получить информацию, необходимую для последующего принятия решений о предотвращении поступления вредных веществ в контролируемые объекты, очистке этих объектов, способах их защиты и т.д.

Сегодня экология – это не только раздел биологии, а самостоятельная комплексная наука со своими многочисленными законами и правилами. Химическая компонента в образовательных программах имеет особое значение. В вопросах экологии любая позиция активна. Мы же придерживаемся мнения: «Химия в экологии – это ведущее, а не пятое колесо в колеснице». прав был М.В. Ломоносов: «...химии возблагодарить не забудьте!...».

Внимание отечественных химиков к экологии явно недостаточно. Это также касается общественных деятелей и хозяйственных руководителей, ибо не многие из них отказываются добровольно от производства и применения экологически опасных веществ. Не удивительно, что Экологический союз, основоположником которого был Николай Федорович Реймерс (1931 – 1993), создавался на фоне мощного сопротивления управленцев.

Предотвращение глобальных экологических проблем возможно только в условиях разработки и внедрения в жизнь концепции устойчивого развития общества. Одно из главных условий реализации этой концепции является экологическая грамотность и умение так организовать любую практическую деятельность, чтобы она оказывала минимальное воз-

действие на окружающую природную среду. Устойчивое развитие невозможно без ограничения антропогенного воздействия на биосферу, без оценок допустимых пределов самовосстановления природных систем.

Решение экономических и экологических проблем возможно, если экономика России будет базироваться на интенсивных принципах развития. Модернизация страны – радикальный поворот от ресурсопотребляемой экономики к энергоэффективному, природосберегающим технологиям. Россия призвана стать лидером в этой области, ибо она обладает колоссальными биосферными ресурсами, в значительной степени обеспечивающими существование человечества в целом.

Краткие методические указания к выполнению контрольных работ

Изучение экологии предполагает самостоятельную работу с литературой, указанной в данном учебном пособии в соответствии с программой курса. Контроль степени усвоения изучаемого материала осуществляет преподаватель на основе проверки контрольной работы, сданной студентом до начала экзаменационной сессии в университете. Контрольная работа включает: теоретическую часть – ответы на два вопроса из разных тем курса; практическую – решение 3 – 5 задач. Ответы на вопросы должны быть обстоятельными, с приведением примеров, подтверждающих те или иные положения экологических закономерностей, с указанием литературных источников. Ответы на контрольные вопросы и решение задач является важным элементом изучения курса экологии, поскольку позволяет лучше усвоить теоретический материал, уменьшить проблему формализации знаний. Решение задач должно начинаться с полного написания условия задач и сопровождаться пояснением проводимых действий, указанием подставленных в формулу величин, ссылок на источники, откуда взяты нормативные и справочные данные, выводами и результатами проведённых вычислений.

Результаты проверки могут быть следующие:

- «зачтено» – указывает на правильность ответов и решений по теоретической и практической частям контрольной работы;
- «зачтено условно» – при наличии несущественных ошибок, недочётов; в этом случае необходимо провести работу над ошибками и уметь ответить на замечания преподавателя во время сдачи зачёта или экзамена по курсу;
- «не зачтено» – при наличии грубых ошибок в работе, отсутствии ответов на отдельные вопросы или грубые ошибки при решении задач.

В период экзаменационной сессии знания и результативность самостоятельной работы над курсом углубляются на лекционных и практических занятиях. Формой отчётности по курсу «Экология» является зачёт или экзамен.

1. АТМОСФЕРА

1.1. ПОНЯТИЕ ОБ УЩЕРБЕ АТМОСФЕРЫ

*Кислород! Химиками выдуманый дух!
Говорят без него жить невозможно!
Ерунда! Без денег жить невозможно.*

А.П. Чехов

Атмосфе́ра (от др.-греч. ἀτμός – пар и σφαῖρα – шар) – газовая оболочка (геосфера), окружающая планету Земля. Внутренняя её поверхность покрывает гидросферу и частично земную кору, внешняя граничит с околоземной частью космического пространства. В последнее время на эволюцию атмосферы стал оказывать влияние человек. Результатом его деятельности стал постоянный значительный рост содержания в атмосфере загрязняющих веществ, поэтому возникла необходимость в подсчёте ущерба, наносимого ей.

Ущерб можно рассматривать в нескольких аспектах: экономическом, моральном, социальном, юридическом. Иначе возможен ущерб различного рода: социальный, моральный, экономический и т.д. Будем рассматривать только экономический ущерб. Под экономическим ущербом подразумеваются фактические или возможные потери, урон или отрицательные изменения природы, которые обусловлены загрязнением окружающей среды и могут быть выражены в денежной форме. Размер экономического ущерба не является пока точной величиной, но по мере развития экономической науки точность его определения возрастает. Вместе с тем можно с большой уверенностью сказать, что экономический ущерб будет всегда являться только частью общего ущерба, в который входят моральный и социальный ущербы. Что касается приближённого характера оценок экономического ущерба, то они применимы точно так же, как и другие подобные оценки. Очень интересное сопоставление по этому поводу приводят академик Н.П. Федоренко и доктор экономических наук К.Г. Гофман, которые пишут, что розничная цена автомобиля указана с точностью до копеек; однако это не означает, что общественно необходимые затраты в данном случае также исчислены с точностью до копеек. Отказ от учёта ущерба в экономических расчётах отрицательно сказывается на народном хозяйстве в целом.

Экономический ущерб может быть: *фактическим (расчётным)* ущербом – фактические потери, урон, наносимые народному хозяйству в результате загрязнения окружающей среды; *возможным* – это ущерб народному хозяйству, который мог бы быть в случае отсутствия природо-

охранных мероприятий; *предотвращённым* ущербом – разность между возможным и фактическим ущербами в определённый момент времени.

Методически определение ущерба должно вестись в такой последовательности: определение уровня загрязнения окружающей среды; выявление зависимости между уровнем загрязнения окружающей среды и качественным и количественным влиянием на человека, природу и объекты человеческой деятельности; расчёт экономического ущерба, исходя из количественных оценок влияния загрязнения на человека и окружающую среду.

Как показывают исследования, экономический ущерб от загрязнения атмосферы складывается из локальных ущербов:

$$Y = Y_3 + Y_c + Y_k + Y_{\text{п}}$$

где Y_3 – ущерб, причиняемый повышенной заболеваемостью населения; Y_c – ущерб сельскому и лесному хозяйствам; Y_k – ущерб жилищному, коммунальному и бытовому хозяйствам; $Y_{\text{п}}$ – ущерб промышленным объектам.

Ущерб каждому подразделению складывается из ущерба по всем зонам.

Ущерб, причиняемый народному хозяйству повышенной заболеваемостью населения из-за загрязнения воздушного бассейна пылью, сернистым ангидридом и окисью углерода, а также коммунальному, сельскому и лесному хозяйствам от выбросов пыли и сернистого ангидрида рассчитывают по уравнению

$$Y = \sum_{k=1}^{k=j} M_k \sum_{i=1}^3 \sum_{i=1}^4 y_{ikj} R_{ikj},$$

где M_k – суммарное количество k -го загрязнителя, тыс. т; y_{ikj} – удельный ущерб в i -й зоне от выброса 1 тыс. т k -го загрязнителя в год, отнесённый к единице j -го объекта (при $j = 1$ или 2 это 1 тыс. человек, при $j = 3$ – это 1 га сельскохозяйственных и лесных угодий); R_{ikj} – количество j -го объекта, находящегося в i -й зоне и подверженного воздействию k -го загрязнителя.

Ущерб промышленности определяют только от SO_2 , поэтому удобнее пользоваться выражением

$$Y = M \sum_{i=1}^n y_i \Phi_i,$$

где M – суммарный выброс SO_2 , тыс. т/год; y_i – ущерб, причиняемый объекту со стоимостью основных фондов в 1 млн. р. одной тысячей тонн выбросов SO_2 в i -ой зоне за один год; Φ_i – стоимость основных фондов объектов промышленности в i -ой зоне, млн. р.

Удельные ущербы, найденные по концентрации загрязнителя, пересчитывают на удельные ущербы от «валовых выбросов». Так как на размер первых существенно влияет высота выброса, используют коэффициенты пересчёта. Удельные ущербы, рассчитанные для источников загрязнения со средней высотой выброса 60 м, приведены в табл. 1 – 6.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

При решении задач использовать табл. 1 – 6.

1. Характеристика зон загрязнения

Количество выбросов, тыс. т/год			Зона	Радиус загрязнённой зоны, м
пыль	SO ₂	CO		
0...5	0...1	0...10	I	1000
6...20	2...5	11...30	II	1800
21...50	6...10	31...70	III	3000
51...125	11...30	71...150	IV	5000

2. Удельные ущербы коммунальному, сельскому и лесному хозяйству и промышленности, причиняемые 1 тыс. т выбросов год/р.

Отрасль хозяйства	Загрязнитель	Зоны			
		I	II	III	IV
Коммунальное хозяйство (объектам, необходимым для проживания 1000 человек)	Пыль	450	280	170	105
	SO ₂	270	150	70	50
Сельское и лесное хозяйство (1 га)	Пыль	0,9	0,5	0,25	0,2
	SO ₂	1,6	0,9	0,4	0,3
Промышленность (объектам стоимостью основных фондов 1 млн. р.)	SO ₂	25	15	7	5

3. Коэффициент для корректировки удельных ущербов по зонам при данной высоте выбросов (м)

Высота выброса	I	II	III	IV
0...15	10	1,5	0,4	0,15
16...40	4	1,3	1	0,5
41...80	1	1	1	1
81...150	0,6	0,7	0,8	0,9
151...220	0,2	0,3	0,5	0,7
221...300	0,05	0,15	0,3	0,6

4. Удельные ущербы (р.) из-за повышения заболеваемости населения, причиняемые 1000 т пыли в год в расчёте на 1000 жителей

Количество выбросов пыли, тыс. т/год	Зоны			
	I	II	III	IV
0...5	415	–	–	–
6...20	405	243	–	–
21...50	390	235	152	–
51...125	373	224	145	93

5. Удельные ущербы (р.) из-за повышения заболеваемости населения, причиняемые 1000 т SO₂ в год в расчёте на 1000 жителей

Количество выбросов SO ₂ , тыс. т/год	Зоны			
	I	II	III	IV
0...1	330	–	–	–
2...5	328	197	–	–
6...10	326	196	127	–
11...30	324	195	126	81

6. Удельные ущербы (р.) из-за повышения заболеваемости населения, причиняемые 1000 т CO в год в расчёте на 1000 жителей

Количество выбросов CO, тыс. т/год	Зоны			
	I	II	III	IV
0...10	180	–	–	–
11...30	175	105	–	–
31...70	172	104	67	–
71...150	166	100	65	41

Пример 1. Промышленным предприятием выбрасывается ежегодно в атмосферу 5 тыс. т пыли, при этом в первой зоне загрязняется 15 га сельскохозяйственных и лесных угодий. Средняя высота выброса составляет 50 м. Определите ущерб, причинённый сельскому и лесному хозяйствам.

Решение. Ущерб, причиняемый пылью, определяем согласно табл. 1 для одной зоны. На следующие зоны указанные количества пыли не влияют, поэтому в расчётах не участвуют. Значение удельного ущерба берём из табл. 2, он составит для пыли в первой зоне 0,9 р. Коэффициенты для корректировки удельных ущербов при высоте выброса 50 м для всех зон равны 1 (табл. 3). Ущерб, причинённый сельскому и лесному хозяйствам составит

$$У_{с, л} = 5,0 \cdot 0,9 \cdot 15 = 67,5 \text{ р.}$$

Ответ: 67,5 р.

Пример 2. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 15 тыс. т пыли. В первой зоне проживает тысяча, во второй – 2 тыс. человек. Средняя высота выброса составляет 120 м. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Решение. В соответствии с табл. 1 ущерб, причиняемый пылью, определяем для первой и второй зон, так как на следующие зоны указанное количество пыли не влияет. Согласно табл. 4, удельные ущербы в первой зоне составят 405 р., а во второй – 243 р.; коэффициенты для корректировки найденных величин при высоте выброса 120 м (табл. 3) составят для первой и второй зоны 0,6 и 0,7 соответственно.

Ущерб из-за повышенной заболеваемости населения, проживающего в загрязнённом районе, составит

$$У_3 = 15 \cdot (405 \cdot 0,6 + 243 \cdot 0,7) = 8748 \text{ р.}$$

Ответ: 8748 р.

Пример 3. Промышленным предприятием выбрасывается ежегодно в атмосферу 15 тыс. т СО. При этом в первой зоне проживает одна тысяча жителей; во второй 2000 человек. Высота выброса составляет 90 м. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Решение. Согласно табл. 6, удельный ущерб в первой зоне составляет 175 р., во второй – 105 р. Коэффициенты для корректировки выбросов при высоте 90 м для первой зоны составляет 0,6; для второй – 0,7. Ущерб здравоохранению составит

$$У_3 = 15(175 \cdot 0,6 + 105 \cdot 0,7) = 3780 \text{ р.}$$

Ответ: 3780 р.

Пример 4. Промышленным предприятием выбрасывается ежегодно в атмосферу 4,5 тыс. т SO₂, при этом в первой зоне загрязняется 15 га, во второй зоне загрязняется 500 га сельскохозяйственных и лесных угодий. Средняя высота выброса составляет 50 м. Определите ущерб, причинённый сельскому и лесному хозяйствам.

Решение. Ущерб, причиняемый SO₂, определяем согласно табл. 1 для двух зон. На следующие зоны указанные количества SO₂ не влияют, поэтому в расчётах не учитываются. Значение удельного ущерба берём из табл. 2; он составит для SO₂ в первой зоне – 1,6 р.; во второй – 0,9 р. Коэффициенты для корректировки удельных ущербов при высоте выброса 50 м для всех зон равны 1 (табл. 3). Ущерб сельскому и лесному хозяйствам составит

$$У_{с,л} = 4,5(1,6 \cdot 15 + 0,9 \cdot 500) = 4,5 \cdot 474 = 2133 \text{ р.}$$

Ответ: 2133 р.

Пример 5. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 13 тыс. т пыли. В первой зоне проживает 500; во второй – одна тысяча; в третьей – 28 тыс. и в четвёртой – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса – 60 м. Определите ущерб, причиняемый пылью коммунальному хозяйству.

Решение. Согласно табл. 2, удельный ущерб, причиняемый пылью для двух зон, составит в первой зоне 450 р., во второй – 280 р. Коэффициенты для корректировки удельных ущербов для первой и второй зон равны 1 (табл. 3). Тогда ущерб, причиняемый пылью коммунальному хозяйству, составит

$$У_{к} = 13 \cdot (450 \cdot 0,5 + 280 \cdot 1) = 6565 \text{ р.}$$

Ответ: 6565 р.

Пример 6. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 30 тыс. т SO₂. В первой зоне проживает 500; во второй – одна тысяча; в третьей – 28 тыс. и в четвёртой – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса – 60 м. Определите ущерб, причиняемый SO₂ коммунальному хозяйству.

Решение. Ущерб, причиняемый SO₂, определяют по табл. 2 для четырёх зон. Удельный ущерб в первой зоне – 270 р., во второй – 150 р., в третьей – 70 р., в четвёртой – 50 р. Коэффициенты корректировки для всех зон при высоте выброса 60 м равны 1. Следовательно, ущерб коммунальному хозяйству составит

$$У_{к} = 30 \cdot (270 \cdot 0,5 + 150 \cdot 1 + 70 \cdot 28 + 50 \cdot 45) = 134 \ 850 \text{ р.}$$

Ответ: 134 850 р.

Пример 7. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 5 тыс. т пыли и 4,5 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне загрязняется 15 га сельскохозяйственных и лесных угодий; во второй – 500 га. Средняя высота выброса составляет 50 м. Определите ущерб, причинённый сельскому и лесному хозяйству.

Решение. Ущерб, причиняемый пылью, определяем согласно табл. 1 для одной зоны, сернистым ангидридом – для двух зон. На следующие зоны указанные количества выбросов не влияют, поэтому в расчётах они не участвуют. Значение удельных ущербов берём из данных табл. 4 и 5. Удельный ущерб из-за загрязнения в первой зоне – 0,9 р., удельный ущерб из-за загрязнения сернистым ангидридом в первой зоне – 1,6 р., во второй – 0,9 р. Коэффициенты для корректировки удельных ущербов при средней высоте выброса 50 м для всех зон равны 1. Ущерб сельскому и лесному хозяйствам равен

$$Y_c = (5,0 \cdot 0,9 \cdot 15) + 4,5(1,6 \cdot 15 + 0,9 \cdot 500) = 2200 \text{ р.}$$

Ответ: 2200 р.

Пример 8. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно 56 тыс. т пыли, 21 тыс. т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса составляет 105 м. Во второй зоне загрязняется 200 га сельскохозяйственных и лесных угодий, в третьей – 1100 га, в четвёртой – 2000 га. Определите ущерб от загрязнения лесному и сельскому хозяйству.

Решение. Ущерб, причиняемый пылью и сернистым ангидридом, определяют для II, III и IV зон. Согласно табл. 2 он составляет для пыли 0,5; 0,25 и 0,2 соответственно. Поправочный коэффициент для зон: второй – 0,7; третьей – 0,8; четвёртой – 0,9. Ущерб народному хозяйству составит

$$Y_{н. х.} = 56 \cdot (0,5 \cdot 200 \cdot 0,7 + 0,25 \cdot 1100 \cdot 0,8 + 0,2 \cdot 2000 \cdot 0,9) + 21 \cdot (0,9 \cdot 200 \cdot 0,7 + 126) = 57778 \text{ р.}$$

Ответ: 57 778 р.

Пример 9. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 13 тыс. т пыли и 30 тыс. т сернистого ангидрида. В I зоне проживает 500 тыс., во II – 1 тыс., в III – 28 тыс. и в IV – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса – 60 м. Определите ущерб, причинённый коммунальному хозяйству.

Решение. Ущерб, причиняемый пылью, определяем согласно табл. 1 для двух зон, сернистым ангидридом – для четырёх зон. Удельный ущерб от загрязнения пылью в первой зоне – 450 р., во второй – 280 р. Удельный ущерб от загрязнения сернистым ангидридом в первой зоне – 270 р., во второй зоне – 150 р., в третьей – 70 р., в четвёртой – 50 р. (табл. 2). Коэффициенты для корректировки удельных ущербов при средней высоте выброса 60 м для всех зон равны 1 (табл. 3). Следовательно, ущерб коммунальному хозяйству равен

$$Y_k = 13 \cdot (450 \cdot 0,5 + 280 \cdot 1) + 30 \cdot (270 \cdot 0,5 + 150 \cdot 1 + 70 \cdot 28 + 50 \cdot 45) = 139\,315 \text{ р.}$$

Ответ: 139 315 р.

Пример 10. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 15 тыс. т пыли, 2,3 тыс. т сернистого ангидрида и 15 тыс. т оксида углерода(II). В первой зоне проживает 1 тыс.; во второй 2 тыс. человек. Высота выброса составляет 120 м. Определить локальный ущерб, причинённый здравоохранению.

Решение. Ущерб, причиняемый пылью, сернистым ангидридом и оксидом углерода, определяют для двух зон, так как на следующие зоны указанные количества загрязнений не влияют. Значения удельных ущербов, причиняемых пылью, приведены в табл. 4. В первой зоне ущерб равен 405 р., во второй – 243 р. Коэффициент корректировки найденных величин при средней высоте выброса 120 м для первой зоны – 0,6; для второй – 0,7 (табл. 3). Удельные ущербы, причиняемые сернистым ангидридом, берём из табл. 5. Ущерб в первой зоне составляет 328 р., во второй – 197 р. Коэффициент для корректировки удельного ущерба при средней высоте выброса 120 м для первой зоны равен 0,6; для второй – 0,7.

Удельный ущерб, причиняемый оксида углерода(II), в первой зоне составляет 175 р., во второй – 105 р. Коэффициент для корректировки равен соответственно 0,6 и 0,7. Ущерб из-за повышенной заболеваемости населения, проживающего в загрязнённом районе, составляет

$$U_3 = 15 \cdot (405 \cdot 0,6 \cdot 1 + 243 \cdot 0,7 \cdot 2) + 2,3 \cdot (328 \cdot 0,6 \cdot 1 + 197 \cdot 0,7 \cdot 2) + 15 \cdot (175 \cdot 0,6 \cdot 1 + 105 \cdot 0,7 \cdot 2) = 13\ 614 \text{ р.}$$

Ответ: 13 614 р.

1.2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ

Загрязнение атмосферы – привнесение в атмосферный воздух новых не характерных для него физических, химических и биологических *загрязняющих веществ* или изменение их концентрации. Загрязняющие вещества в экологии называются *экотоксикантами (поллютантами)*. По источникам загрязнения выделяют два вида загрязнения атмосферы: *естественное* и *искусственное*. По характеру загрязнителя загрязнение атмосферы бывает трёх видов: *физическое* – механическое (пыль, твёрдые частицы), радиоактивное (радиоактивное излучение и изотопы), электромагнитное (различные виды электромагнитных волн, в том числе радиоволны), шумовое (различные громкие звуки и низкочастотные колебания) и тепловое загрязнение (например, выбросы теплого воздуха и т.п.); *химическое* – загрязнение газообразными веществами и аэрозолями. На сегодняшний день основные химические загрязнители атмосферного воздуха: оксид углерода(IV), оксиды азота, оксид серы(IV), углеводороды, альдегиды, тяжёлые металлы (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr), аммиак, атмосферная пыль и радиоактивные изотопы; *биологическое* – в основном загрязнение микробной природы (загрязнение воздуха вегетативными формами и спорами

бактерий и грибов, вирусами, а также их токсинами и продуктами жизнедеятельности).

Вопросы экономической оценки ущербов от загрязнения окружающей среды можно свести к денежной оценке негативных последствий: *социальные ущербы* (ухудшения здоровья человека, изменение возможностей развития и воспитания личности вследствие исчезновения привычного ландшафта и природы, а также исторических и культурных памятников, несших информацию о национальной культуре); *экологические ущербы* (необратимые разрушения уникальных экосистем, исчезновение видов, генетические потери и так далее); *экономические ущербы* (экономическая оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды складывается из следующих затрат: дополнительных затрат общества в связи с изменениями в окружающей природной среде; затрат на возвращение окружающей природной среды в прежнее состояние; дополнительных затрат будущего общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных ресурсов).

Газовый состав атмосферы создан природой в строго определённых пропорциях, который поддерживается самой природой. Но когда возможности природы по самоочистке исчерпываются и в приземном слое накапливаются большие количества токсичных соединений и состав атмосферы при этом резко меняется. Так, в приземном слое атмосферы летом 2010 г. при температуре 20 °С скопилось много оксидов азота и углерода, летучих органических соединений, под палящими солнечными лучами генерировался озон. Это вторичный загрязнитель атмосферы, который в больших количествах оказывает вредное воздействие на всё живое и неживое, тем самым был нанесён экономический ущерб.

Максимальное значение приземной концентрации загрязнителя C_{\max} (мг/м³) в условиях выброса газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем, достигаемое на расстоянии X_{\max} , определяется по формуле

$$C_{\max} = \frac{AMmFn\eta}{h^2 \sqrt[3]{V\Delta T}}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной сертификации атмосферы, для европейской территории РФ южнее 50° северной широты он равен 200; M – масса экотоксиканта, г/с; F – коэффициент, учитывающий скорость осаждения вредных веществ в атмосферном воздухе (для пыли, золы и прочих, скорость оседания которых равна нулю, $F = 1$; для мелкозернистых аэрозолей при очистке выбросов менее 90% $F = 2$; 75...90% $F = 2,5$; менее 75% и при отсутствии очистки $F = 3$); m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газообразной смеси из устья источника выброса, как правило, $n = 1$; h – высота источника выброса над уровнем Земли (для наземных источников $h = 2$ м); η – безразмер-

ный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной или слабопересечённой местности, с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км $\eta = 1$); V – расход газовой смеси, $\text{м}^3/\text{с}$; ΔT , $^\circ\text{C}$ – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси $T_{\text{Г}}$ и температурой окружающего воздуха $T_{\text{В}}$.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Пример 11. Промышленная котельная имеет одну дымовую трубу высотой $h = 35$ м и диаметром устья $D = 1,4$ м. Из трубы выбрасывается газоздушная смесь со скоростью $W_0 = 7$ м/с. Масса экотоксиканта при отсутствии очистки равна $M = 2,6$ г/с. Температура газообразной смеси 125 $^\circ\text{C}$, а окружающего воздуха 25 $^\circ\text{C}$; $F = 3$; $A = 200$; $\eta = 1$. Вычислите максимальное значение приземной концентрации экотоксиканта.

Решение. Оценим объём газовой смеси по формуле

$$V = \frac{\pi D^2}{4} W_0, \quad (2)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 7 = 10,8 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Разность температур составит $125 - 25 = 100$ $^\circ\text{C}$.

Коэффициент m рассчитывается в зависимости от параметра f по формулам

$$f = 1000 \cdot \frac{W_0^2 D}{h^2 \Delta T}; \quad (3)$$

$$f = 1000 \cdot \frac{7^2 \cdot 1,4}{35^2 \cdot 100} = 0,56.$$

При $f < 100$ коэффициент m рассчитывается по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (4)$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,56} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,56}} = 0,98.$$

Максимальное значение приземной концентрации загрязнителя в данных условиях равно

$$C_{\text{max}} = \frac{200 \cdot 2,6 \cdot 3 \cdot 0,98}{35^2 \cdot \sqrt[3]{10,8 \cdot 100}} = 0,12 \text{ мг/м}^3.$$

Ответ: 0,12 мг/м³.

Пример 12. Промышленная котельная имеет одну дымовую трубу высотой $h = 35$ м и диаметром устья $D = 1,4$ м. Из трубы выбрасывается газозвдушная смесь со скоростью $W_0 = 7$ м/с. Масса экотоксиканта при отсутствии очистки равна $M = 2,6$ г/с. Температура газозвдушной смеси 125 °С, а окружающего воздуха 25 °С; $F = 3$; $A = 200$; $\eta = 1$. Вычислите расстояние X_{\max} от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязнителя при неблагоприятных метеорологических условиях будет достигать максимального значения.

Решение. Искомую величину X_{\max} находим по формуле

$$X_{\max} = \frac{5 - F}{4} dh. \quad (5)$$

Коэффициент d при $f < 100$ (см. пример 1) находим по формуле

$$d = W_0 \sqrt{\vartheta_{\max}} (1 + 0,28\sqrt[3]{f}). \quad (6)$$

Параметр ϑ_{\max} – неизвестная величина, определяем по формуле

$$\vartheta_{\max} = 0,65\sqrt[3]{\frac{V\Delta T}{h}}, \quad (7)$$

$$\vartheta_{\max} = 0,65\sqrt[3]{\frac{10,8 \cdot 100}{35}} = 2,04 \text{ м/с.}$$

Тогда

$$d = 7\sqrt{2,04} \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{0,56}) = 12,3;$$

$$X_{\max} = \frac{5 - 3}{4} \cdot 12,3 \cdot 35 = 215 \text{ м.}$$

Ответ: 215 м.

Пример 13. Промышленная котельная имеет одну дымовую трубу высотой $h = 35$ м и диаметром устья $D = 1,4$ м. Из трубы выбрасывается газозвдушная смесь со скоростью $W_0 = 7$ м/с. Масса экотоксиканта при отсутствии очистки равна $M = 2,6$ г/с. Температура газозвдушной смеси 125 °С, окружающего воздуха 25 °С; $F = 3$; $A = 200$; $\eta = 1$. Вычислите опасную скорость ветра W_{\max} .

Решение. Искомую величину W_{\max} находим по формуле

$$W_{\max} = \vartheta_{\max} (1 + 0,12\sqrt{f}) \text{ при } \vartheta_{\max} > 2, \quad (8)$$

Параметр ϑ_{\max} найден по формуле (7) и равен 2,04 м/с. Тогда

$$W_{\max} = 2,04 \cdot (1 + 0,12\sqrt{0,56}) = 2,2 \text{ м/с.}$$

Ответ: 2,2 м/с.

Пример 14. Рассчитайте величину приземной концентрации загрязнителя в атмосфере на расстоянии 50 м (y) по перпендикуляру от оси факела выброса, если концентрация загрязнителя в факеле $5 \cdot 10^{-4}$ мг/м³, скорость ветра 2,0 м/с, а расстояние от источника выброса 150 м (x).

Решение. Значение приземной концентрации в данном случае определяем по формуле

$$C_y = Sc, \quad (9),$$

где S – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости ветра ($W = 2,0$ м/с) и отношения y/x по значению параметра t_y , определяется по формуле

$$S = \frac{1}{1 + 5t_y + 12,8t_y^2 + 17t_y^3 + 45,1t_y^4}, \quad (10)$$

$$S = \left(\frac{1}{1 + 5 \cdot 0,222 + 12,8 \cdot 0,222^2 + 17 \cdot 0,222^3 + 45,1 \cdot 0,222^4} \right) = 0,537.$$

$$t_y = \frac{Wy^2}{x^2}, \quad (11)$$

Скорость ветра меньше 5 м/с, тогда параметр t_y вычислим по формуле

$$t_y = \frac{2 \cdot 50^2}{150^2} = 0,222.$$

Значение приземной концентрации загрязнителя составит

$$C_{\max} = 0,537 \cdot 5 \cdot 10^{-4} = 2,685 \cdot 10^{-4} \text{ мг/м}^3.$$

Ответ: $2,7 \cdot 10^{-4}$ мг/м³.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 13 тыс. т пыли. В первой зоне проживает 500; во второй – 1000; в третьей – 28 тыс. и в четвёртой – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса 60 м. Определите ущерб, причиняемый пылью, коммунальному хозяйству.

Ответ: 6565 р.

2. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 30 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 500; во второй – 1000; в третьей – 28 тыс. и в четвёртой – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса – 60 м. Определите ущерб, причиняемый сернистым ангидридом, коммунальному хозяйству.

Ответ: 134 850 р.

3. Промышленным предприятием выбрасывается ежегодно в атмосферу 2,3 тыс. т пыли, при этом в первой зоне проживает 1000, во второй – 2000 человек. Средняя высота выброса составляет 120 м. Определите ущерб, причиняемый пылью, здравоохранению.

Ответ: 1086,98 р.

4. Промышленным предприятием выбрасывается ежегодно в атмосферу 17 тыс. т CO. При этом в первой зоне проживает 1000 жителей; во второй – 2000 человек. Высота выброса составляет 150 м. Определите ущерб, причиняемый оксидом углерода(II), здравоохранению.

Ответ: 578 753,1 р.

5. Промышленным предприятием выбрасывается ежегодно в атмосферу 10 тыс. т пыли. При этом в первой зоне проживает 500; во второй – 1000, в третьей – 28 тыс., в четвёртой – 45 тыс. человек. Высота выброса составляет 60 м. Определите ущерб, причиняемый пылью, коммунальному хозяйству.

Ответ: 5050 р.

6. Промышленным предприятием выбрасывается ежегодно в атмосферу 5 тыс. т SO₂, при этом в первой зоне загрязняется 500 га сельскохозяйственных и лесных угодий. Средняя высота выброса составляет 50 м. Определите ущерб, причиняемый SO₂, сельскому и лесному хозяйствам.

Ответ: 2370 р.

7. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 27 тыс. т SO₂. В первой зоне проживает – 500; во второй – 1000; в третьей – 28 тыс. и в четвёртой – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса 70 м. Определите ущерб, причиняемый SO₂, коммунальному хозяйству.

Ответ: 113 670 р.

8. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 22 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне стоимость основных фондов промышленных объектов составляет 150 млн. р.; во второй – 15 млн. р.; в третьей – 10 млн. р.; в четвёртой – 200 млн. р. Средняя высота выброса 40 м. Определите ущерб промышленности.

Ответ: 348 975 р.

9. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 30 тыс. т SO₂. В первой зоне стоимость основных фондов промышленных объектов составляет 150 млн. р.; во второй – 15 млн. р.; в третьей – 10 млн. р.; в четвёртой – 200 млн. р. Средняя высота выброса 40 м. Определите ущерб, причиняемый промышленности.

Ответ: 475 875 р.

10. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 20 тыс. т SO_2 . В первой зоне стоимость основных фондов промышленных объектов составляет 150 млн. р.; во второй – 15 млн. р.; в третьей – 10 млн. р.; в четвертой – 200 млн. р. Средняя высота выброса 40 м. Определите ущерб, причиняемый промышленностью.

Ответ: 312 090 р.

11. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно 65 тыс. т пыли и 15 тыс. т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса 105 м. Во второй зоне загрязняется 200 га сельскохозяйственных и лесных угодий, в третьей – 1100 га, в четвертой – 2000 га. Определите ущерб от загрязнения лесному и сельскому хозяйствам.

Ответ: 57 520 р.

12. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 10 тыс. т пыли и 7 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 3000; во второй – 7000; в третьей – 12 тыс. человек. Средняя высота выброса – 15 м. Определите ущерб, причиняемый здравоохранению.

Ответ: 234 148 р.

13. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 13 тыс. т пыли и 30 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 500; во второй – 1000; в третьей – 28 тыс. человек. Средняя высота выброса – 60 м. Определите ущерб, причиняемый коммунальному хозяйству.

Ответ: 73 915 р.

14. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 11 тыс. т пыли и 10 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 3000; во второй – 7000; в третьей – 12 тыс. человек. Средняя высота выброса – 15 м. Определите ущерб, причиняемый здравоохранению.

Ответ: 286 192,5 р.

15. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 10 тыс. т пыли и 7 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 3000; во второй – 7000; в третьей – 12 тыс. человек. Средняя высота выброса – 15 м. Определите ущерб, причиняемый коммунальному хозяйству.

Ответ: 244 635 р.

16. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно 6 тыс. т пыли; 4,5 тыс. т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса составляет 50 м. В первой зоне загрязняется 15 га; во второй зоне – 500 га сельскохозяйственных и лесных угодий. Определите ущерб от загрязнения сельскохозяйственным и лесным угодьям.

Ответ: 3714 р.

17. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 13 тыс. т пыли и 30 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 500; во второй – 1000; в третьей – 28 тыс. и в четвёртой – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса 60 м. Определите ущерб, причиняемый коммунальному хозяйству.

Ответ: 140 739 р.

18. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно 56 тыс. т пыли; 21 тыс. т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса 105 м. Во второй зоне загрязняется 200 га, в третьей – 1100 га, в четвёртой – 2000 га сельскохозяйственных и лесных угодий. Определите ущерб от загрязнения сельскохозяйственным и лесным угодьям.

Ответ: 57 778 р.

19. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 8 тыс. т пыли и 21 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 500; во второй – 1000; в третьей – 28 тыс. и в четвёртой – 45 тыс. человек. Средняя высота выброса 60 м. Определите ущерб, причиняемый коммунальному хозяйству.

Ответ: 98 435 р.

20. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно 8 тыс. т пыли, 5 тыс. т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса 50 м. В первой зоне загрязняется 15 га; во второй зоне загрязняется 500 га сельскохозяйственных и лесных угодий. Определите ущерб, причинённый от данных выбросов сельскохозяйственным и лесным угодьям.

Ответ: 4478 р.

21. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 15 тыс. т пыли и 20 тыс. т сернистого ангидрида. В первой зоне проживает 500; во второй – 10 тыс.; в третьей – 50 тыс. человек. Средняя высота выброса 55 м. Определите ущерб, причиняемый коммунальному хозяйству.

Ответ: 96 725 р.

22. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 56 тыс. т пыли, 21 тыс. т сернистого ангидрида и 15 тыс. т оксида углерода(II). В первой зоне проживает 500; во второй – 10 тыс., в третьей – 50 тыс., в четвёртой – 40 тыс. человек. Высота выброса составляет 105 м. Определите локальный ущерб, причинённый здравоохранению.

Ответ: 815 957 р.

23. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 15 тыс. т пыли, 2,3 тыс. т сернистого ангидрида и 15 тыс. т оксида углерода(II). В первой зоне проживает 1000; во второй – 2000 человек. Высота выброса 120 м. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Ответ: 13 614 р.

24. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 16 тыс. т пыли, 3 тыс. т сернистого ангидрида и 17 тыс. т оксида углерода(II). В первой зоне проживает 1000; во второй – 2000 человек. Высота выброса составляет 120 м. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Ответ: 15 616,8 р.

25. Промышленное предприятие выбрасывает ежегодно в атмосферу 50 тыс. т пыли, 12 тыс. т сернистого ангидрида и 20 тыс. т оксида углерода (II). В первой зоне проживает 500; во второй – 10 тыс., в третьей – 50 тыс., в четвёртой – 40 тыс. человек. Высота выброса 105 м. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Ответ: 49 134,4 р.

26. Тамбовская ТЭЦ ежегодно выбрасывает в атмосферу 630,0 т сернистого ангидрида и 57,5 т угарного газа. Средняя высота выброса 60 м. В первой зоне проживает 500, во второй – 2000 человек. Определите ущерб, причинённый коммунальному хозяйству.

Ответ: 268 050 р.

27. Тамбовская ТЭЦ ежегодно выбрасывает в атмосферу 630,0 т SO_2 и 57,5 т CO. Средняя высота выброса 60 м. В первой зоне проживает 500, во второй – 2000 человек. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Ответ: 658 090 р.

28. Тамбовская ТЭЦ ежегодно выбрасывает в атмосферу 630,0 т сернистого ангидрида и 57,5 т угарного газа. Средняя высота выброса 60 м. В первой зоне стоимость основных фондов промышленных объектов составляет 100 млн., во второй – 20 млн., в третьей – 10 млн. р. Определите ущерб, причинённый промышленности.

Ответ: 86 850 р.

29. Тамбовская ТЭЦ ежегодно выбрасывает в атмосферу 630,0 т SO_2 и 57,5 т CO. Средняя высота выброса 60 м. В первой зоне загрязняется 15 га, во второй – 400 га сельскохозяйственных угодий. Определите ущерб, причиняемый сельскохозяйственным и лесным угодьям.

Ответ: 27 420 р.

30. Котовская ТЭЦ ежегодно выбрасывает в атмосферу 280,7 т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса 80 м. В первой зоне проживает 500 тыс., во второй – 2000 человек. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Ответ: 221 707 р.

31. Котовская ТЭЦ ежегодно выбрасывает в атмосферу 280,7 т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса 80 м. В первой зоне загрязняется 15 га, во второй – 400 га сельскохозяйственных угодий. Определите ущерб, причинённый сельскохозяйственным и лесным угодьям.

Ответ: 26 231 р.

32. Котовская ТЭЦ ежегодно выбрасывает в атмосферу 280,7 т сернистого ангидрида. Средняя высота выброса 80 м. В первой зоне стоимость основных фондов промышленных объектов составляет 100 млн. р., во второй – 20 млн. р., в третьей – 10 млн. р. Определите ущерб, причинённый промышленности.

Ответ: 83 086 р.

33. Предприятие Тамбовской области ежегодно выбрасывает в атмосферу 8,9 т SO_2 и 7,5 т СО. Средняя высота выброса – 120 м. В первой зоне проживает 500, во второй – 2000 человек. Определите ущерб, причинённый здравоохранению.

Ответ: 7786 р.

34. Предприятие Тамбовской области ежегодно выбрасывает в атмосферу 8,9 т SO_2 и 7,5 т пыли. Средняя высота выброса 120 м. В первой зоне загрязняется 15 га, во второй – 400 га сельскохозяйственных угодий. Определите ущерб, причинённый сельскохозяйственным и лесным угодьям.

Ответ: 3481,71 р.

35. Предприятие Тамбовской области ежегодно выбрасывает в атмосферу 8,9 т SO_2 . Средняя высота выброса 120 м. В первой зоне стоимость основных фондов промышленных объектов составляет 100 млн. р., во второй – 20 млн. р., в третьей – 10 млн. р. Определите ущерб, причинённый промышленности.

Ответ: 20 203 р.

36. Предприятие Тамбовской области ежегодно выбрасывает в атмосферу 8,9 т SO_2 и 7,5 т пыли. Средняя высота выброса – 120 м. В первой зоне проживает 500, во второй – 2000 человек. Определите ущерб, причинённый коммунальному хозяйству.

Ответ: 6542,4 р.

37. Из трубы высотой 25 м и диаметром 1,5 м выбрасывается газозвдушная смесь со скоростью 6 м/с. Масса выбрасываемого загрязнителя при отсутствии очистки равна 2,0 г/с. Температура газозвдушной смеси 85 °С, температура окружающей среды 25 °С; $F = 3$; $A = 200$; $\eta = 1$. Вычислите максимальное значение приземной концентрации экотоксиканта.

Ответ: 0,111 мг/м³.

38. Из трубы высотой 25 м и диаметром 1,5 м выбрасывается газозвудушная смесь со скоростью 6 м/с. Масса выбрасываемого загрязнителя при отсутствии очистки равна 2,0 г/с. Температура газозвудушной смеси 85 °С, температура окружающего воздуха 25 °С; $F = 3$; $A = 200$; $\eta = 1$. Вычислите расстояние X_{\max} от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязнителя при неблагоприятных метеорологических условиях достигнет максимального значения.

Ответ: 163,75 м.

39. Из трубы высотой 25 м и диаметром 1,5 м выбрасывается газозвудушная смесь со скоростью 6 м/с. Масса выбрасываемого загрязнителя при отсутствии очистки равна 2,0 г/с. Температура газозвудушной смеси 85 °С, температура окружающего воздуха 25 °С; $F = 3$; $A = 200$; $\eta = 1$. Вычислите опасную скорость ветра.

Ответ: 2,35 м/с.

40. Из трубы высотой 30 м и диаметром 2,0 м выбрасывается газозвудушная смесь со скоростью 5 м/с. Масса выбрасываемого загрязнителя при отсутствии очистки равна 2,5 г/с. Температура газозвудушной смеси 150 °С; температура окружающего воздуха 30 °С; $F = 3$; $A = 200$; $\eta = 1$. Вычислите максимальное значение приземной концентрации экотоксиканта.

Ответ: 0,152 мг/м³.

41. Из трубы высотой 30 м и диаметром 2 м выбрасывается газозвудушная смесь со скоростью 5 м/с. Масса выбрасываемого загрязнителя при отсутствии очистки равна 2,5 г/с. Температура газозвудушной смеси 150 °С, температура окружающего воздуха 30 °С; $F = 3$, $A = 200$, $\eta = 1$. Вычислите расстояние X_{\max} от источника выброса, на котором приземная концентрация загрязнителя при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения.

Ответ: 276,45 м.

42. Рассчитайте величину приземной концентрации загрязнителя в атмосфере на расстоянии 60 м по перпендикуляру от оси факела выброса, если концентрация загрязнителя в факеле $2 \cdot 10^{-3}$ мг/м³, скорость ветра 2,3 м/с, расстояние от источника выброса 100 м.

Ответ: $4,4 \cdot 10^{-5}$ мг/м³.

43. Газозвудушная смесь выходит из источника с круглым устьем со скоростью 6 м/с. Масса, выбрасываемого загрязнителя после 60% очистки составляет 1,5 г/с. Температура газозвудушной смеси 90 °С, а воздуха – 20 °С; $F = 3$; $A = 250$. Источник выброса – труба $h = 20$ м, $D = 1,2$ м. Местность ровная. Вычислите максимальное значение приземной концентрации загрязнителя.

Ответ: 0,306 мг/м³.

44. Газовоздушная смесь выходит из источника с круглым устьем со скоростью 6 м/с. Масса, выбрасываемого загрязнителя после 60% очистки составляет 1,5 г/с. Температура газовоздушной смеси 90 °С, а воздуха – 20 °С; $F = 3$; $A = 250$. Источник выброса – труба $h = 20$ м; $D = 1,2$ м. Вычислите расстояние от источника выброса, на котором будет максимальной приземная концентрация при неблагоприятных условиях.

Ответ: 125,9 м.

45. Определите опасную скорость ветра, если газовоздушная смесь выходит из источника с круглым устьем со скоростью 6 м/с. Масса выбрасываемого загрязнителя после 60% очистки составляет 1,5 г/с. Температура газовоздушной смеси 90 °С, а воздуха – 20 °С; $F = 3$; $A = 250$. Источник выброса – труба $h = 20$ м, $D = 1,2$ м.

Ответ: 2,13 м/с.

46. Рассчитайте максимальное значение приземной концентрации экотоксиканта, если газовоздушная смесь выходит из трубы высотой 40 м и диаметром 0,8 м со средней скоростью выброса 2 г/с, при средней очистке выброса 73%; $F = 3$; $A = 250$; $\Delta T = 30$ °С. Масса выбрасываемого загрязнителя 2 г/с.

Ответ: 0,22 г/м³.

47. Определите расстояние от источника выброса, на котором его приземная концентрация достигает максимального значения, если газовоздушная смесь выходит из трубы высотой 40 м и диаметром 0,8 м со средней скоростью выброса 2 г/с, при средней очистке выброса 73%; $F = 3$; $A = 150$; $\Delta T = 30$ °С. Масса выбрасываемого загрязнителя 2 г/с.

Ответ: 2,4 м.

48. Определите опасную скорость ветра, если газовоздушная смесь выходит из трубы высотой 40 м и диаметром 0,8 м со средней скоростью выброса 2 г/с, при средней очистке выброса 73%; $F = 3$; $A = 150$; $\Delta T = 30$ °С. Масса выбрасываемого загрязнителя 2 г/с.

Ответ: 0,6 м/с.

49. Из одиночного точечного источника с круглым устьем со средней скоростью 9 м/с выходит газовоздушная смесь. Высота источника 10 м, диаметр 1,5 м. Масса выбрасываемого экотоксиканта при очистке 80% составляет 0,75 г/с; $F = 2,5$; $A = 200$; $\Delta T = 50$ °С. Рассчитайте максимальное значение приземной концентрации экотоксиканта.

Ответ: 1,9 мг/м³.

50. Определите расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация достигает максимального значения, если из одиночного точечного источника с круглым устьем со средней скоростью 9 м/с выходит газозвдушная смесь. Высота источника 10 м, диаметр 1,5 м. Масса выбрасываемого экотоксиканта при очистке 80% составляет 0,75 г/с; $F = 2,5$; $A = 200$; $\Delta T = 50$ °С.

Ответ: 132,4 м.

51. Из одиночного точечного источника с круглым устьем со средней скоростью 9 м/с выходит газозвдушная смесь. Высота источника 10 м, диаметр 1,5 м. Масса выбрасываемого экотоксиканта при очистке 80% составляет 0,75 г/с; $F = 2,5$; $A = 200$; $\Delta T = 50$ °С. Определите опасную скорость ветра.

Ответ: 4,44 м/с.

52. Из трубы высотой 25 м и диаметром 0,8 м со средней скоростью 4 м/с выходит газозвдушная смесь. Масса выбрасываемого экотоксиканта при очистке менее 40% составляет 5 г/с; $F = 3$; $A = 200$; $\Delta T = 40$ °С. Вычислите максимально значение приземной концентрации.

Ответ: 27,29 мг/м³.

53. Из трубы высотой 25 м и диаметром 0,8 м со средней скоростью 4 м/с выходит газозвдушная смесь. Масса выбрасываемого экотоксиканта при очистке менее 40% составляет 5 г/с; $F = 3$; $A = 200$; $\Delta T = 40$ °С. Вычислите расстояние от источника выброса, на котором его приземная концентрация максимальна.

Ответ: 104 м.

54. Из трубы высотой 25 м и диаметром 0,8 м со средней скоростью 4 м/с выходит газозвдушная смесь. Масса выбрасываемого экотоксиканта при очистке менее 40% составляет 5 г/с; $F = 3$; $\Delta T = 40$ °С; $A = 200$. Определите опасную скорость ветра.

Ответ: 1,09 м/с.

55. В воздухе гальванического цеха содержание аммиака составило 12 мг/м³, а диоксида азота 1,3 мг/м³. Оцените степень опасности для работающих в этом цехе, если ПДК рабочей зоны (ПДК_{р.з.}) для аммиака и диоксида азота составляют 20 и 2 мг/м³ соответственно. Учтите эффект суммации.

Ответ: нормы превышены.

56. ПДК_{р.з.} для HNO₃ и H₂SO₄ составляют 5 и 1 мг/м³ соответственно. Превышены ли нормы содержания этих веществ в атмосфере химического комбината, если содержание HNO₃ и H₂SO₄ составило 3,2 и 0,4 мг/м³ соответственно? При расчётах учтите эффект суммации.

Ответ: нормы превышены.

57. В жилом районе, прилегающем к объединению «Оргсинтез», в воздухе содержание ацетона и фенола составило 0,15 и 0,0014 мг/м³. Опасен ли этот район для проживания, если средняя суточная предельно-допустимая концентрация для ацетона и бензола составляет 0,35 и 0,003 мг/м³ соответственно? При расчётах учтите эффект суммации.

Ответ: район не опасен для проживания.

58. При получении синтетического этилового спирта из этилена используется серная кислота. В атмосфере предприятия содержание этилена и паров серной кислоты составило 1 и 0,3 мг/м³. Превышены ли нормы содержания этих веществ, если ПДК этилена и серной кислоты составляют 3 и 1 мг/м³ соответственно? Необходимо учитывать эффект суммации.

Ответ: нормы не превышены.

59. В цехе перегонки этилового спирта содержание этанола и метанола составило 350,0 и 3,2 мг/м³. Превышены ли нормы содержания этих веществ, если ПДК этанола и метанола составляют 1000 и 5 мг/м³ соответственно? Необходимо учитывать эффект суммации.

Ответ: нормы не превышены.

60. Ежегодное поступление углекислого газа в атмосферу составляет 7 млрд т/год. Какой вклад вносит в это явление население Российской Федерации (численность населения приблизительно 143 млн. человек)?

Ответ: 0,846%.

61. В Италии имеется получившая известность пещера («Собачья пещера»), в которой человек стоя может находиться длительное время, а забежавшая туда собака задыхается и гибнет. Объясните это явление.

62. Опасно ли пребывание 50 работников в закрытом помещении площадью 100 м³ и высотой 8 м в течение 8 часов, если за один час взрослый человек при физической работе выдыхает примерно 35 дм³ углекислого газа. Максимальная продолжительность пребывания человека в помещении с концентрацией углекислого газа до 20% (по объёму) не должна быть более двух часов.

Ответ: опасно.

63. С участка утилизации отработанных ртутных ламп вентиляционный воздух загрязняется парами ртути. При утилизации одной лампы в воздух поступает 0,5 мг ртути. За 5 часов утилизируют в среднем 150 ламп. Определите массу ртути, которая поступает в воздух в течение года при 260 рабочих днях.

Ответ: 93,6 г.

64. В 1 дм³ отработанных газов двигателей внутреннего сгорания содержится 5 мг СО; 3 мг NO₂; 0,04 мг сажи; 1·10⁻³ мг бензапирена. Будет ли соответствовать установленным нормативам качество окружающего воздуха объемом 100 м³, если ПДК равны соответственно: 1,0; 0,085; 0,05; 10⁵ (мг/дм³)?

Ответ: 0,005 (СО); 0,003 (NO₂);
0,00004 (сажи); 10⁻⁶ (бензапирена); соответствует.

65. При абсорбции SO₂ известковым молоком поглощено 0,6 кг SO₂. Вычислите объём (дм³) известкового молока (ω = 10%; ρ = 1,12 г/см³), израсходованного на абсорбцию SO₂.

Ответ: 6,2 дм³.

66. Газовая смесь содержит CO₂, СО, O₂ и N₂. Вычислите содержание компонентов газовой смеси (φ, %). При анализе смеси методом химического поглощения получены следующие результаты (взято 100 см³ смеси)

Компонент	Объём газа после поглощения, см ³
CO ₂	83,20
O ₂	82,40
СО	75,60
N ₂	75,60

Ответ: 16,8% CO₂, 23,4% СО,
17,6% O₂, 24,4% N₂.

67. При хроматографическом анализе газовой смеси, состоящей из O₂, N₂, СО и СН₄, получены пики на хроматограмме, площади которых равны соответственно: 50, 200, 70 и 200 мм². Поправочные коэффициенты, учитывающие разницу в теплопроводности, равны для: N₂ – 1,76; O₂ – 1,95; СО – 1,87; СН₄ – 2,03. Определите содержание каждого компонента X в смеси по формуле

$$X = \frac{100S_i}{\sum S_i},$$

где S_i – исправленная площадь пика компонента.

Ответ: N₂ – 9,88%; O₂ – 35,69%;
СО – 13,27%; СН₄ – 41,16%.

2. ГИДРОСФЕРА. СТОЧНЫЕ ВОДЫ

*Живые организмы есть не что иное,
как «одушевлённая вода».*

Французский естествоиспытатель
Э. Реймон-Дюбуа

Гидросфэ́ра (от др.-греч. ὕδωρ – вода и σφαῖρα – шар) – это водная оболочка Земли, образует прерывистую водную оболочку. Включает в себя всю воду вне зависимости от её состояния: жидкую, твёрдую, газообразную. Вода – самое распространённое неорганическое соединение, «самый важный минерал» на Земле. Около 97% массы гидросферы составляют солёные океанические воды, в которых растворены соли (в среднем 3,5%), а также ряд газов (140 трлн. т CO₂, 8 трлн. т растворённого кислорода); 2,2% – воды ледников (около 24 млн. км³), остальная часть приходится на подземные, озёрные и речные пресные воды (поверхностные воды озёр составляют приблизительно 0,18 млн. км³ (из них половина солёные), а реки – 0,002 млн. км³). Общий объём воды на планете около 1 532 млн. км³. Пресная вода – 28 млн. км³, из них доступны человеку 4,2 млн. км³. Масса гидросферы примерно 1,46·10²¹ кг. Это в 275 раз больше массы атмосферы, но лишь 1/4000 от массы всей планеты. Вода является важной составной частью всех компонентов биосферы и одним из необходимых факторов существования живых организмов. Количество воды в телах живых организмов достигает примерно 0,001 млн. км³. Из газов, растворённых в воде, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ. Количество кислорода в океанических водах изменяется в широких пределах в зависимости от температуры и присутствия живых организмов. Концентрация углекислого газа также варьируется, а общее количество его в океане в 60 раз превышает его содержание в атмосфере.

Именно в воде первоначально зародилась жизнь. Многие учёные высказывают суждение о том, что кровь человека и животных повторяет химический состав той среды, из которой в далеком прошлом произошла жизнь. Все без исключения живые существа содержат в своем организме приблизительно 80% воды (по массе). Масса воды, входящей в живые организмы (биологической воды), составляет 1120 км³, подавляющая часть которой проходит через живые организмы в результате обмена веществ – метаболизма. Без воды жизни нет: при обезвоживании организма на 10% человек теряет сознание, а на 12% – погибает (без воды человек может жить не более 5 суток). Вода является обязательным компонентом практически всех технологических процессов как сельскохозяйственных,

так и промышленных производств. Она выступает: сырьем; теплоносителем; транспортной системой; растворителем; средой и т.п. Вода особой чистоты необходима в производстве продуктов питания и медицине, новейших отраслях промышленности. Содержание воды в огурцах и салате – 95%, капусте и моркови – 90%, яблоках и грушах – 85%, в картофеле – 80%. В человеческом организме: жировые ткани и кости – 80%, мышцы – 77%, лёгкие и почки – 80%, нервные ткани – 84%, серое вещество мозга – 85%. Наиболее разжиженная часть нашего тела – мозг.

«Вода стоит особняком в истории нашей планеты. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход основных, самых грандиозных геологических процессов» – писал В.И. Вернадский. Надо бы добавить и социальных, и исторических, что как писал Гете: «Вся жизнь из воды происходит. Вода всё хранит, производит...».

Рост городов, бурное развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, значительное расширение площадей орошаемых земель, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов всё больше усложняет проблемы обеспечения водой. Рост потребления воды и возросшие требования к качеству воды определяют важность задач водоочистки, водоподготовки, борьбы с загрязнением воды и истощением водоёмов.

Сточные воды – воды, загрязнённые бытовыми отбросами и производственными отходами и удаляемые с территорий населённых мест и промышленных предприятий системами канализации, а также воды, образующиеся в результате выпадения атмосферных осадков в пределах территорий населённых пунктов и промышленных объектов. Содержащиеся в сточных водах органические вещества, попадая в значительных количествах в водоёмы или скапливаясь в почве, могут быстро гнить и ухудшать их санитарное состояние, способствуя распространению различных заболеваний. Поэтому вопросы очистки, обезвреживания и утилизации сточных вод являются неотъемлемой частью проблемы охраны природы, оздоровления окружающей человека среды и обеспечения санитарного благоустройства городов и других населённых мест. Для доведения до «неопасных» кондиций 1 м³ отравленных сточных вод требуется 20...30 м³ чистой воды.

Очистить реки и озёра от загрязняющих веществ можно и нужно. Это доказал ещё Петр I, повелевший вычистить московские «Поганые» пруды. После очистки их стали называть «Чистыми». «Все ли мы понимаем – писал В. Лесков – какое это сокровище – речка? И как оно уязвимо, это сокровище? Можно заново построить разрушенный город. Можно посадить новый лес, выкопать пруд. Но живую речку, если она умирает, как всякий живой организм, сконструировать заново невозможно... Реку надо считать важнейшей государственной собственностью. Только так можно уберечь радость, которую нам дают текущие воды, и возможность в любую минуту утолить жажду. Ибо нет на Земле напитка лучше, чем стакан холодной чистой воды».

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Пример 15. Вычислите массу (т) отходов ($\rho = 2,5$), которую вмещает отстойник диаметром $d = 50$ м и глубиной $V = 1$ м.

Решение. Объём воды в отстойнике (цилиндре) равен

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4} = \frac{3,14 \cdot 50^2 \cdot 1}{4} = 1962,5 \text{ м}^3.$$

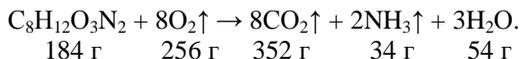
Масса воды в отстойнике равна $1962,5 \cdot 1000 = 1962\ 500$ кг.

Масса отходов в 2,5 раза больше, т.е. $1\ 962\ 500 \cdot 2,5 = 4\ 906\ 250$ кг.

Ответ: 4906,25 т.

Пример 16. Выясните, как влияет на качество речной воды, сброшенные в неё сточные воды, содержащие 20 мг/дм³ казеина.

Решение. Определим потребность кислорода в реакции окисления казеина кислородом



Для полного окисления казеина требуется $20 \cdot 256 / 184 = 27,8$ мг/дм³ кислорода.

Поскольку вода в насыщенном состоянии при 20 °С содержит всего $9,2$ мг/дм³ кислорода, следует принять меры для обеспечения требуемого его количества.

Пример 17. Определите массу твёрдого остатка, образующегося при обработке 8400 м³ воды гашёной известью $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При этом из воды удаляется 420 кг Ca^{2+} и 200 кг Mg^{2+} .

Решение. Напишем уравнения реакций



Согласно уравнениям (1) и (2) имеем: при удалении 1 моль Ca^{2+} образуется 2 моль CaCO_3 , 1 моль Mg^{2+} и 1 моль $\text{Mg}(\text{OH})_2$, а для удаления 2 моль CaCO_3 по условию задачи требуется $420/40 = 10,5$ к-моль Ca^{2+} ; для удаления Mg^{2+} требуется $200/24,3 = 8,23$ к-моль. Твёрдый остаток состоит из

$$2 \cdot 10,5 + 2 \cdot 8,23 = 37,46 \text{ к-моль } \text{CaCO}_3;$$

$$1 \cdot 8,23 = 8,23 \text{ к-моль } \text{Mg}(\text{OH})_2;$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 37,46 \cdot 100 = 3746 \text{ кг};$$

$$m(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 8,23 \cdot 58,3 = 479,8 \text{ кг};$$

$$m_{\text{общ}} = 3746 + 479,6 = 4225,8 \text{ кг}.$$

Ответ: 4225,8 кг.

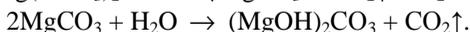
Пример 18. Для очистки 80 м³/ч сточной воды от взвешенных веществ (80 г/дм³) предложен метод флотации, образующийся при этом осадок имеет влажность 92%. Вычислите массу осадка, образующегося за 1 час.

Решение. В 80 м³ сточной воды содержится $8 \cdot 10^4 \cdot 80 = 6400$ кг = 6,4 т взвешенных частиц, с учётом влажности получим $6,4/0,92 = 6,9565$ т. Тогда масса осадка составит

$$6,4 + 6,9565 = 13,3565 \text{ т.}$$

Ответ: 13,3565 т.

Жёсткость воды (Ж) – совокупность химических и физических свойств воды, связанных с содержанием в ней растворённых солей щёлочноземельных металлов, главным образом, кальция и магния (так называемых «солей жёсткости»). Источником их являются, в основном, известняки и доломиты. Различают *постоянную жёсткость (некарбонатная)*, *временную (карбонатная)* и *общую жёсткость* воды. Жёсткость, обусловленная содержанием в воде гидрокарбонатов и карбонатов кальция (Ca(HCO₃)₂) и магния (Mg(HCO₃)₂) называется временной. Она может быть удалена кипячением воды, при этом гидрокарбонаты разлагаются с образованием карбонатов



Другие соли кальция и магния (CaSO₄, CaCl₂, MgSO₄, MgCl₂) не разрушаются при кипячении, они обуславливают постоянную жёсткость воды. Общая жёсткость воды равна сумме временной и постоянной жёсткости $J_{\text{общ}} = J_{\text{пост}} + J_{\text{вр}}$.

За единицу жёсткости принято число миллиэквивалентов (мэkv) катионов Ca²⁺ и Mg²⁺, содержащихся в 1 дм³ воды. Так как массы одного мэkv ионов Ca²⁺ и Mg²⁺ соответственно равны 20,04 мг и 12,16 мг, то общую жёсткость вычисляют по формуле

$$J = m(\text{Ca}^{2+})/V \cdot 20,04 + m(\text{Mg}^{2+})/V \cdot 12,16,$$

где $m(\text{Ca}^{2+})$ и $m(\text{Mg}^{2+})$ – массы ионов Ca²⁺ и Mg²⁺, мг. Если же в воде присутствует только одно вещество, определяющее её жёсткость, то её вычисляют по формуле

$$J = m/M, V,$$

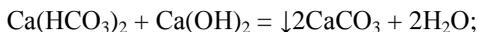
где M , – масса эквивалента Ca²⁺ или Mg²⁺; V – объём воды, дм³.

При оценке жёсткости воды её обычно характеризуют следующим образом: очень мягкая вода – до 1,5 мэkv/дм³; мягкая вода – 1,5...4 мэkv/дм³; вода средней жёсткости – 4...8 мэkv/дм³; жёсткая вода – 8...12 мэkv/дм³; очень жёсткая вода – больше 12 мэkv/дм³.

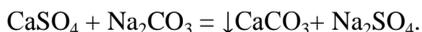
Пример 19. Общая жёсткость «волжской воды» равна 6,52 мэкв/дм³, а временная 3,32 мэкв/дм³. Вычислите массу Ca(OH)₂ и Na₂CO₃, которую надо взять, чтобы устранить жёсткость данной воды объёмом 5 м³. Напишите уравнения происходящих реакций.

Решение. Напишем уравнения происходящих реакций:

– для устранения временной жёсткости



– для устранения постоянной жёсткости



Тогда $J_{\text{общ}} = J_{\text{пост}} + J_{\text{вр}}$;

$$J_{\text{пост}} = 6,52 - 3,32 = 3,2 \text{ мэкв/дм}^3;$$

$$m(\text{CaSO}_4) = J_{\text{пост}} M_3 = 3,2 \cdot 5 \cdot 68 = 1088 \text{ мг} = 1,088 \text{ г};$$

$$n(\text{CaSO}_4) = 0,008 \text{ моль} = n(\text{Na}_2\text{CO}_3);$$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = nM = 0,008 \cdot 106 = 0,848 \text{ г};$$

$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 3,32 \cdot 5 \cdot 81 = 1344,6 \text{ мг} = 1,3446 \text{ г};$$

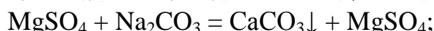
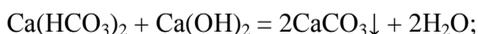
$$m(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 1,3446/162 = 0,0083 \text{ моль};$$

$$m(\text{Ca}(\text{OH})_2) = nM = 0,0083 \cdot 74 = 0,614 \text{ г}.$$

Ответ: 0,614 г.

Пример 20. Вода объёмом 1 дм³ содержит 48,6 мг гидрокарбоната кальция и 29,6 мг сульфата магния. Вычислите общую жёсткость воды.

Решение. Напишем уравнения реакций



Общая жёсткость воды вычисляется по формуле $J = m / M_3 V$, где m – масса веществ обуславливающих жёсткость воды. Тогда

$$M_3(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = M/2 = 162/2 = 81 \text{ мг/моль-экв};$$

$$M_3(\text{MgSO}_4) = M/2 = 120/2 = 60 \text{ мг/моль-экв};$$

$$J_{\text{пост}} = 29,6/60 = 0,49 \text{ мэкв/дм}^3;$$

$$J_{\text{вр}} = 48,6/81 = 0,6 \text{ мэкв/дм}^3;$$

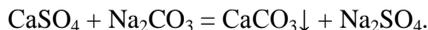
$$J_{\text{общ}} = J_{\text{пост}} + J_{\text{вр}};$$

$$J_{\text{общ}} = 0,49 + 0,6 = 1,09 \text{ мэкв/дм}^3.$$

Ответ: 1,09 мэкв/дм³.

Пример 21. Для умягчения воды объёмом 100 дм^3 потребовался Na_2CO_3 массой $12,72 \text{ г}$. Чему равна жёсткость воды (в градусах; в мэкв/ дм^3)?

Решение. Напишем уравнение реакции



Жёсткость вычисляем по формуле $\text{Ж} = m/VM_3$.

Эквивалентная масса равна $M_3(\text{Na}_2\text{CO}_3) = M/2 = 106/2 = 53 \text{ мг/моль}$.

Тогда

$$\text{Ж} = \frac{12,72 \cdot 10^3}{100 \cdot 53} = 2,4 \text{ мг-экв/дм}^3.$$

Воспользуемся следующими данными:

$1 \text{ мэкв/дм}^3 = 2,8$ немецкий градус жёсткости;

$1 \text{ мэкв/дм}^3 = 3,5$ английский градус жёсткости;

$1 \text{ мэкв/дм}^3 = 5$ французский градус жёсткости;

$1 \text{ мэкв/дм}^3 = 50$ американский градус жёсткости;

$\text{Ж(нем)} = 6,72$ градуса жёсткости;

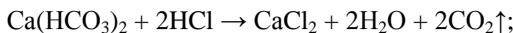
$\text{Ж(англ)} = 8,4$ градуса жёсткости;

$\text{Ж(фран)} = 12$ градуса жёсткости;

$\text{Ж(амер)} = 120$ градуса жёсткости.

Пример 22. На титрование образца воды объёмом $0,05 \text{ дм}^3$ израсходован раствор $0,1 \text{ н}$. соляной кислоты объёмом $4,8 \cdot \text{см}^3$. Чему равна карбонатная жёсткость воды?

Решение. Напишем уравнения реакций



Карбонатную жёсткость воды вычисляем по формуле $\text{Ж} = \frac{nV \cdot 1000}{V_1}$,

где n – нормальность соляной кислоты; V – объём соляной кислоты, см^3 ; V_1 – объём воды, см^3 . Тогда

$$\text{Ж} = \frac{0,1 \cdot 4,8 \cdot 1000}{50} = 9,6 \text{ мэкв/дм}^3.$$

Ответ: $9,6 \text{ мэкв/дм}^3$.

Пример 23. Определите концентрации ионов H^+ и OH^- в сточной воде, водородный показатель которой равен 3,2.

Решение. Воспользуемся уравнением

$$\begin{aligned} \text{pH} &= -\lg[\text{H}^+]; \\ 3,2 &= -\lg[\text{H}^+]; \\ [\text{H}^+] &= 10^{-3,2} = 10^{-4} \cdot 10^{0,8} = 6,31 \cdot 10^{-4} \text{ моль-ион/дм}^3; \\ [\text{OH}^-] &= \frac{10^{-14}}{[\text{H}^+]} = 1,58 \cdot 10^{-11}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ответ: } &6,31 \cdot 10^{-4} \text{ моль-ион/дм}^3; \\ &1,58 \cdot 10^{-11} \text{ моль-ион/дм}^3. \end{aligned}$$

Пример 24. Определите pH сточной воды, если $[\text{H}^+] = 1,62 \cdot 10^{-4}$ моль-ион/дм³.

Решение. Воспользуемся уравнением

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg 1,62 \cdot 10^{-4} = 4 - \lg 1,62 = 4 - 0,2 = 3,8.$$

$$\text{Ответ: pH} = 3,8.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

68. Вычислите массу (τ) отходов ($\rho_{\text{отходов}} = 2,5$), которую вмещает отстойник глубиной $V = 4$ м и диаметром $d = 100$ м.

$$\text{Ответ: } 78\,500 \text{ т.}$$

69. Определите массу твёрдого остатка, образующегося при обработке гашёной известью воды объёмом 50 м^3 , при этом из воды удаляется $2,5 \text{ кг Ca}^{2+}$ и $1,19 \text{ кг Mg}^{2+}$.

$$\text{Ответ: } 25,13 \text{ кг.}$$

70. Около 95 лет назад кислотность дождевой воды в мире составляла в среднем 5,6 единиц pH. С тех пор она увеличилась в 40 раз. Рассчитайте среднее значение pH дождевой воды в настоящее время.

$$\text{Ответ: } 4,0.$$

71. Кислотность речной воды в зимнее время составляет 7,5 единиц pH. В летнее время она уменьшается примерно в 2 раза. Рассчитайте pH речной воды летом.

$$\text{Ответ: } 7,8.$$

72. Кислотность болотной воды составляет в среднем 5,75 единиц pH. После дождя она составила 5,0 единиц pH. Объясните изменение pH болотной воды.

73. Чему равна жёсткость (мэкв/дм^3) $0,005 \text{ М}$ раствора CaCl_2 ?

$$\text{Ответ: } 10 \text{ мэкв/дм}^3.$$

74. Жёсткость некоторого образца воды обуславливается только гидрокарбонатом железа. При кипячении воды объёмом $0,25 \text{ дм}^3$ в осадок выпадает FeCO_3 массой 4 мг. Чему равна жёсткость воды?

Ответ: $0,24 \text{ мэкв/дм}^3$.

75. Чему равна постоянная жёсткость воды, если для её устранения к воде объёмом 25 дм^3 добавлена бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) массой 21,6 г?

Ответ: $4,52 \text{ мэкв/дм}^3$.

76. При определении временной жёсткости на титрование $0,1 \text{ дм}^3$ воды израсходовано $5,25 \text{ см}^3$ $0,101 \text{ н.}$ раствора HCl . Чему равна временная жёсткость воды?

Ответ: $5,3 \text{ мэкв/дм}^3$.

77. Жёсткость некоторого образца воды обуславливается только нитратом кальция. При обработке образца воды объёмом $0,25 \text{ дм}^3$ карбонатом натрия в осадок выпал CaCO_3 массой 37,8 мг. Чему равна жёсткость воды?

Ответ: $3,04 \text{ мэкв/дм}^3$.

78. Чему равна карбонатная жёсткость воды, если в 1 дм^3 её содержится $0,2920 \text{ г}$ гидрокарбоната магния и $0,2025 \text{ г}$ гидрокарбоната кальция?

Ответ: $6,5 \text{ мэкв/дм}^3$.

79. Какую массу гидроксида кальция надо прибавить к воде объёмом 275 дм^3 , чтобы устранить её карбонатную жёсткость, равную $5,5 \text{ мэкв/дм}^3$?

Ответ: $56,06 \text{ г}$.

80. К жёсткой воде объёмом 100 дм^3 прибавили гидроксид кальция массой $12,95 \text{ г}$. На сколько понизилась карбонатная жёсткость?

Ответ: $3,5 \text{ мэкв/дм}^3$.

81. Какую массу карбоната натрия надо прибавить к воде объёмом $0,1 \text{ м}^3$, чтобы устранить жёсткость, равную 4 мэкв/дм^3 ?

Ответ: $21,2 \text{ г}$.

82. Вода, содержащая только гидрокарбонат кальция, имеет жёсткость 9 мэкв/дм^3 . Какая масса гидрокарбоната кальция содержится в воде объёмом 500 дм^3 ?

Ответ: $364,5 \text{ г}$.

83. Чему равна жёсткость воды, если для её устранения к воде объёмом 50 дм^3 потребовалось прибавить карбонат натрия массой $21,2 \text{ г}$?

Ответ: 8 мэкв/дм^3 .

84. К жёсткой воде объёмом 1 м^3 прибавили карбонат натрия массой 132,5 г. Насколько понизилась жёсткость?

Ответ: 2,5 мэкв/дм³.

85. Жёсткость воды, в которой растворён только гидрокарбонат кальция, равна 4 мэкв/дм³. Какой объём 0,1 н. раствора соляной кислоты потребуется для реакции с гидрокарбонатом кальция, содержащемся в этой воде объёмом 75 см^3 ?

Ответ: 3 см³.

86. Вычислите карбонатную жёсткость воды, если для реакции с гидрокарбонатом кальция, содержащимся в воде объёмом 200 см^3 , требуется 15 см^3 0,08 н. раствора соляной кислоты.

Ответ: 6 мэкв/дм³.

87. Жёсткость некоторого образца воды обуславливается только сульфатом магния. При обработке образца воды объёмом 100 см^3 карбонатом натрия в осадок выпал карбонат магния массой 25,2 мг. Чему равна жёсткость воды?

Ответ: 6 мэкв/дм³.

88. pH речной воды 6,5...8,5. Объясните, почему концентрация ионов водорода подвергается сезонным колебаниям? Зимой pH составляет 6,8...7,44, а летом 7,4...8,2.

89. Запасы воды в ледниках и материковом льду – $34,8 \cdot 10^6 \text{ км}^3$, что составляет 68,6% от общих запасов пресной воды на Земле. На сколько метров повысится уровень Мирового океана, если произойдёт таяние льдов?

Ответ: 101 м.

90. Рассчитайте pH речной воды, в которой содержится $1 \text{ мг/дм}^3 \text{ CO}_2$ ($K_1 = 4,5 \cdot 10^{-7}$).

Ответ: 5,49.

91. На дне Чёрного моря постоянно образуется сероводород – это результат жизнедеятельности сульфатвосстанавливающих бактерий. Происходящий процесс можно выразить схемой



Рассчитайте объёмы (н.у.) сероводорода и метана, участвующих в этой реакции при восстановлении сульфата кальция массой 1 кг. Объясните, почему верхние слои воды (менее 150...200 м) не содержат сероводорода.

Ответ: $V(\text{CH}_4) = V(\text{H}_2\text{S}) = 164,7 \text{ дм}^3$.

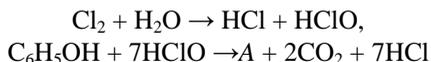
92. Молярная концентрация золота в морской воде равна $2,510^{-11}$ моль/дм³, а в золотоносной руде массой 1 г содержится золото массой 10 г (указаны средние значения). Рассчитайте объём морской воды, в котором содержится золото массой 1 кг.

Ответ: $2,03 \cdot 10^8$ дм³.

93. Концентрация ионов водорода в дождевых водах Нигерии во время грозы достигает 0,01 моль/дм³. Рассчитайте массу кислоты в дождевой воде массой $1 \cdot 10^5$ т (масса среднего грозового облака).

Ответ: 10^6 кг.

94. Хлор может использоваться для очистки сточных вод от фенола. В водных растворах, содержащих фенол и хлор, идут сложные окислительно-восстановительные процессы и образуется смесь продуктов. В одной из реакций хлорноватистой кислоты с фенолом образуются CO₂, HCl и вещество A



(стехиометрический коэффициент перед A = 1). При взаимодействии этого вещества массой 3,54 г с раствором гидроксида натрия массой 50 г (массовая доля щёлочи 0,048) образуется средняя соль. Определите вещество A.

Ответ: HOOC(CH₂)₂COOH.

95. Рассчитайте расход технической извести, содержащей 30% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 5 дм³, содержащих 2,5 г/дм³ CH₃COOH.

Ответ: 19,45 г.

96. Определите расход технической извести, содержащей 49% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 20 дм³, содержащих 30 г/дм³ Na₂CO₃.

Ответ: 646,9 г.

97. Рассчитайте расход технической извести, содержащей 52% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 5 дм³, содержащих 30 г/дм³ H₂SO₄.

Ответ: 32,95 г.

98. В речную воду сбросили сточные воды, содержащие 7 мг/дм³ казеина. Вычислите концентрацию кислорода в речной воде для его полного окисления.

Ответ: [O₂] = 9,7 мг/дм³ при норме 9,2 мг/дм³.

99. Для очистки сточной воды от токсичного хрома(VI), находящегося в виде $K_2Cr_2O_7$ в качестве восстановителя использовали сульфит натрия (Na_2SO_3). Напишите уравнение реакции и рассчитайте массу сульфита натрия, необходимого для полного восстановления 750 г хрома(VI) в виде $K_2Cr_2O_7$.

Ответ: 964,29 г.

100. Для очистки сточной воды от токсичного хрома(VI), находящегося в виде $K_2Cr_2O_7$ в качестве восстановителя, использовали $FeSO_4$. Напишите уравнение реакции и рассчитайте массу железного купороса ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), необходимого для полного восстановления 800 г хрома(VI) в виде $K_2Cr_2O_7$.

Ответ: 25,662 кг.

101. Сточная вода содержит ионы токсичного хрома(VI), находящегося в виде $K_2Cr_2O_7$. Для осаждения хромат-ионов использовали раствор, содержащий ионы Ba^{2+} и Sr^{2+} в концентрации соответственно $5 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ и $5 \cdot 10^{-1}$ моль/дм³. Какой из осадков будет выпадать первым из раствора ($PP_{BaCr_4} = 2,3 \cdot 10^{-10}$; $PP_{SrCr_4} = 3,6 \cdot 10^{-5}$)?

Ответ: $BaCrO_4$

102. Сточная вода содержит ионы CrO_4^{2-} и CO_3^{2-} . Концентрация какого иона должна быть больше и во сколько раз, чтобы осаждение карбоната и хромата бария началось одновременно ($PP_{BaCrO_4} = 2,3 \cdot 10^{-10}$; $PP_{BaCO_3} = 27 \cdot 10^{-9}$)?

Ответ: концентрация CO_3^{2-} должна быть больше концентрации CrO_4^{2-} в 30 раз.

103. Для очистки сточной воды от токсичного хрома(VI), находящегося в виде $K_2Cr_2O_7$ в качестве восстановителя используют SO_2 . Напишите уравнение реакции и рассчитайте массу сернистого газа, необходимого для полного восстановления хрома(VI) в виде $K_2Cr_2O_7$ массой 950 г.

Ответ: 620,4 г.

104. При электролизе сточной воды в течение 2 часов получен металлический никель массой 5 г. Определите силу тока, прошедшего через раствор.

Ответ: 2,285 А.

105. Для очистки 80 м³/час сточной воды от взвешенных веществ (80 г/дм³) предложен метод осаждения. Образующийся при этом осадок имеет влажность 97%. Вычислите массу осадка (кг/ч).

Ответ: 12,998 т.

106. Методом флотации производят очистку 100 м³/ч сточной воды от взвешенных веществ (70 г/дм³). Образующийся при этом осадок имеет влажность 95%. Вычислите массу осадка (кг/ч).

Ответ: 14,37 т.

107. Очистку 200 м³/ч сточных вод от взвешенных веществ (60 г/дм³) проводят методом осаждения. Образующийся при этом осадок имеет влажность 96%. Вычислите массу осадка (кг/ч).

Ответ: 24,5 т.

108. Для очистки 80 м³/ч сточной воды от взвешенных веществ (80 г/дм³) предлагаются два метода: флотация и осаждение. При флотации образующийся осадок имеет влажность 92%, при осаждении – 97%. Вычислите массы осадков (кг/ч), образующихся в том и другом случае?

Ответ: 13,35 т; 12,99 т.

109. Напишите уравнение реакции и рассчитайте массу BaCl₂, необходимую для полного осаждения хрома(VI) в виде K₂Cr₂O₇ массой 750 г, содержащегося в сточной воде.

Ответ: 804,12 г.

110. Рассчитайте расход технической извести, содержащей 50% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 2 м³, содержащих 10 г/дм³ H₃PO₄.

Ответ: 34,2857 кг.

111. Рассчитайте расход технической извести, содержащей 47% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 5 м³, содержащих 10 г/дм³ CH₃COOH.

Ответ: 49,645 кг.

112. Определите расход технической извести, содержащей 55% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 50 дм³, содержащих 20 г/дм³ H₃PO₄.

Ответ: 1,558 кг.

113. Рассчитайте расход технической извести, содержащей 50% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 5 дм³, содержащих 2 г/дм³ H₂SO₄.

Ответ: 11,42 г.

114. Определите расход технической извести, содержащей 45% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 1,0 дм³, содержащих 30 г/дм³ H₃PO₄.

Ответ: 57,12 г.

115. Определите расход технической извести, содержащей 53% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 10 дм^3 , содержащих $50 \text{ г/дм}^3 \text{ Na}_2\text{CO}_3$.

Ответ: 498,4 г.

116. Определите расход технической извести, содержащей 50% активного оксида кальция для нейтрализации сточных вод объёмом 100 дм^3 , содержащих $80 \text{ г/дм}^3 \text{ H}_3\text{PO}_4$.

Ответ: 13,714 кг.

117. Рассчитайте уровень загрязнения нефтепродуктами сточных вод на участке мойки машин в течение 30 дней, если на одну машину расходуется вода объёмом 50 дм^3 . За смену (8 часов) обрабатывают 20 машин. С одной машины в воду поступает 10 г нефтепродуктов.

Ответ: 18 кг.

118. Оцените уровень загрязнения сточной воды с участка изготовления прессованных плит на мебельном комбинате. На изготовление одной плиты расходуется вода объёмом 10 дм^3 , содержащей 1 г фенола. За смену (7 часов) вырабатывают 140 плит, участок работает в две смены 260 дней в году.

Ответ: 72,8 кг.

119. Рассчитайте уровень загрязнения поверхностно-активными веществами (ПАВ) сточной воды от прачечной, работающей по 6 часов в сутки 260 дней в году. За смену при стирке образуется 2 м^3 сточной воды, содержащей 30 мг/дм^3 ПАВ.

Ответ: 15,60 кг.

120. Первая помощь при отравлении таллием – промывание желудка водой с активированным углем и раствором тиосульфата натрия ($\omega = 0,3\%$). Какой объём $0,1M$ раствора ($\rho = 1,0 \text{ г/см}^3$) тиосульфата натрия потребуется для приготовления $0,5 \text{ дм}^3$ такого раствора.

Ответ: $60,48 \text{ см}^3$.

121. До начала XX века водопроводные трубы в городах изготавливали из свинца. Затем их постепенно заменили железными. В Санкт-Петербурге замена свинцовых труб в старых домах была завершена лишь в 50-х годах прошлого столетия. В чём причина опасности использования свинцовых труб? Напишите уравнение реакции.

122. Разрушение свинцовых изделий происходит при содержании SO_4^{2-} -ионов 200 мг/дм^3 в воде. Содержащийся H_2S в количестве $0,4 \text{ г}$ на 1 дм^3 воды полностью окисляется до SO_4^{2-} -ионов. Определите массу растворившегося свинца при промывании изделий из свинца такой воды объёмом 10 дм^3 . Напишите уравнения реакций.

Ответ: 1,218 г.

123. Вымывание свинца из свинцовых труб происходит при концентрации сульфат-ионов больше 200 мг/дм^3 воды. Опасно ли использование для промывания свинцовых труб водой объёмом 200 дм^3 , содержащей серную кислоту массой 490 г . Напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: опасно.

124. Вымывание свинца из свинцовых труб происходит при концентрации сульфат-ионов больше 200 мг/дм^3 воды. Опасно ли использование для промывания свинцовых труб воды объёмом 2 м^3 , содержащей серную кислоту массой 98 г . Напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: безопасно.

125. Вымывание свинца из свинцовых труб происходит при концентрации сульфат-ионов больше 200 мг/дм^3 воды. Ежедневно H_2S , содержащийся в количестве $0,5 \text{ г}$ в 1 дм^3 воды, полностью окисляется до сульфат-ионов. Можно ли использовать такую воду для промывания свинцовых труб. Напишите уравнения реакций. Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: нельзя.

3. ЛИТОСФЕРА. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ

Почва – это биоминеральная («биокосная») динамическая система, находящаяся в постоянном материальном и энергетическом взаимодействии с внешней средой и частично замкнутой через биологический круговорот.

В.В. Докучаев

Литосфера – верхняя твёрдая оболочка Земли (почва), включает земную кору и верхнюю мантию Земли. Почва обладает свойствами, присущих живой и неживой природе; она образовалась под совместным воздействием гидросферы, атмосферы, живых и мертвых организмов. Общая площадь литосферы на Земле составляет 150 млн. км² или 29,2% от общей поверхности планеты, причём только часть всей литосферы составляют пахотные земли, кормящие человечество; остальное занимают: льды, безводные пустыни, редколесье, саванны, сухие степи, болота, застроенные земли. В почве протекают различные физические, химические и биологические процессы, которые в результате загрязнения нарушаются. Загрязнение почвы связано с загрязнением атмосферы и гидросферы. В почву попадают твёрдые и жидкие промышленные, сельскохозяйственные и бытовые отходы. Основными загрязняющими веществами являются металлы и их соединения, удобрения и пестициды, радиоактивные отходы. По пищевым цепям эти загрязнения попадают в организм человека, оказывая токсическое, канцерогенное, мутагенное действие, подавляя иммунитет.

Земельные ресурсы – земная поверхность, пригодная для проживания человека и для любых видов хозяйственной деятельности. Земельные ресурсы характеризуются величиной территории и её качеством: рельефом, почвенным покровом и комплексом других природных условий. Структура земельного фонда является характеристикой земельных ресурсов. Земельный фонд – это соотношение площадей, которые заняты под посевы сельскохозяйственных культур, леса, пастбища, промышленные предприятия и т.д. Земельные ресурсы и почвенный покров Земли создавались тысячелетиями – это основа живой природы и сельскохозяйственного производства. Треть земельного фонда планеты – это сельскохозяйственные угодья, т.е. земли, которые используются для производства продуктов питания. Сельскохозяйственные угодья – это пашни, многолетние насаждения, естественные луга и пастбища. При исследовании проблемы

эффективного использования земельных ресурсов необходимо выделять понятие эффективной территории. Эффективная территория – это территория страны, пригодная для хозяйственного освоения.

Земли, находящиеся в пределах Российской Федерации, составляют земельный фонд страны. Согласно действующему законодательству и сложившейся практике, государственный учёт земель в Российской Федерации осуществляется по категориям земель и угодьям. Целью государственного учёта земель является получение систематизированных сведений о количестве, качестве и правовом положении земель в границах территорий, необходимых для принятия управленческих решений, направленных на обеспечение рационального и эффективного использования земель.

Категория земель – это часть земельного фонда, выделяемая по основному целевому назначению и имеющая определённый правовой режим. Отнесение земель к категориям осуществляется согласно действующему законодательству в соответствии с их целевым назначением и правовым режимом. Действующее законодательство предусматривает семь категорий земель: земли сельскохозяйственного назначения; земли поселений; земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики; земли для обеспечения космической деятельности; земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения; земли особо охраняемых территорий и объектов; земли лесного фонда; земли водного фонда; земли запаса.

Земельные угодья являются основным элементом государственного учёта земель и подразделяются на сельскохозяйственные и несельскохозяйственные угодья. К сельскохозяйственным угодьям относятся пашня, залежь, сенокосы, пастбища, многолетние насаждения. Несельскохозяйственные угодья – это земли под поверхностными водными объектами, включая болота, лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью, земли застройки, земли под дорогами, нарушенные земли, прочие земли (овраги, пески и т. п.).

Почва – сложная система, которая живёт и развивается по своим законам, поэтому под плодородием нужно понимать весь комплекс почвенных свойств и процессов, определяющих нормальное развитие растений. Все процессы, происходящие в почве, связаны между собой. Исключение или ослабление какого-либо составляющего ведёт за собой изменение всего состава почвы и потере ценных её качеств. *Плодородие почвы* – способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, влаге и воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности. Для определения плодородия почвы необходимо обратить внимание на её состав, кислотность, отношение к воде и кислороду. Понятие почва и её плодородие неразрывны. Плодородие почвы – результат развития природного почвообразовательного процесса, а при сельскохозяйственном использовании – также процесса окультуривания.

Бесспорно, азот, фосфор и калий – это три кита плодородия почвы. Но было бы наивно полагать, что растениям больше ничего не нужно. Микроэлементы в том играют свою «макророль». В меню растений входит около 20 элементов, из которых строится их плоть и кровь. Достают их растения из почвы, которая сама не что иное, как минерал, истолчённый в труху и содержащий неисчислимое количество атомов калия, кальция, фосфора и пр. Неисчислимое, но всё же неисчерпаемое. А потому всё взятое должно быть отдано.

Развитие почв и почвенного покрова, как и формирование их плодородия, тесно связано с конкретным сочетанием природных факторов почвообразования многообразным влиянием человеческого общества, с развитием его производственных сил, экономических и социальных условий. Особая роль в почвообразовании принадлежит живым организмам, прежде всего зелёным растениям и микроорганизмам. Благодаря их воздействию осуществляются важнейшие процессы превращения горной породы в почву и формирование её плодородия: концентрация элементов зольного и азотного питания растений, синтез и разрушение органического вещества, взаимодействие продуктов жизнедеятельности растений и микроорганизмов с минеральными соединениями породы и т.п. Основным врагом плодородия почвы является эрозия. По своей способности защищать почву от ветровой и водной эрозии на первом месте стоит лес. Менделеев Д.И. предлагал «освободить семьи, засеявшие известное число деревьев в степях юга России, от воинской повинности, считая эту работу однозначней с защитой государства». Задерживая воду, лес тормозит эрозию, бережёт землю. А земля, как писал М. Шолохов, «как и мир неделима, и любовно и бережно относясь к пахотной земле, земле-кормилице, всем нам необходимо так же любовно и так же бережно относиться и ко всей остальной земле, на которой живем, и ко всему, что на ней существует на пользу человека. А это – и леса, и воды, и всё, населяющее их».

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Пример 25. С участка примерно 0,5 га собрали фасоль массой 120 кг, при этом с каждым центнером фасоли из почвы выносятся приблизительно 1,0 кг калия; 0,2 кг магния и 0,5 кг фосфора. Для восполнения дефицита этих элементов используют: а) калиевую селитру, содержащую 95,3% KNO_3 ; б) каинит состава $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; в) двойной суперфосфат, содержащий 98,5% $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Рассчитайте массу (кг) каждого удобрения.

Решение.

а) Потеря массы калия составит:

100 кг фасоли – 1,0 кг калия

120 кг фасоли – x кг калия

$x = 1,2$ кг.

Вычислим массу азота в нитрате калия $\text{KNO}_3 - 1\text{N}$:

$$\begin{array}{r} 101 \text{ г/моль} - 14 \text{ г/моль} \\ x \text{ кг} - 1,2 \text{ кг} \\ x = 8,657 \text{ кг.} \end{array}$$

В пересчёте на 95,3% KNO_3 имеем $100 \cdot 8,657 / 95,3 = 9,084 \text{ кг}$.

б) Потеря массы магния составит:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ кг} - 0,2 \text{ кг} \\ 120 \text{ кг} - x \text{ кг} \\ x = 0,24 \text{ кг.} \end{array}$$

Вычислим массу магния в $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} - 1\text{Mg}$

$$\begin{array}{r} 248,5 \text{ г/моль} - 24 \text{ г/моль} \\ x \text{ кг} - 0,24 \text{ кг} \\ x = 2,485 \text{ кг.} \end{array}$$

в) Потеря массы фосфора составит:

$$\begin{array}{r} 100 \text{ кг} - 0,5 \text{ кг} \\ 120 \text{ кг} - x \text{ кг} \\ x = 0,6 \text{ кг.} \end{array}$$

Вычислим массу фосфора в $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 - 2\text{P}$

$$\begin{array}{r} 234 \text{ г/моль} - 2 \cdot 31 \text{ г/моль} \\ x \text{ кг} - 0,6 \text{ кг} \\ x = 2,264 \text{ кг.} \end{array}$$

С учётом содержания ($\omega = 98,5\%$) получим $2,264 \cdot 100 / 98,5 = 2,299 \text{ кг}$.

Ответ: а) 9,084 кг; б) 2,485 кг; в) 2,299 кг.

Пример 26. В расчёте на одного жителя в канализацию ежедневно поступает 8,6 г NH_4^+ -ионов. Вычислите массу (кг) аммиачной селитры, которую надо добавить при обработке 700 га земельных угодий, если использовать сточные воды населённого пункта, в котором проживает 2,5 тыс. человек. Потребность NH_4NO_3 составляет 0,5 кг/га.

Решение. Потребность NH_4NO_3 на 700 га составит 350 кг. В пересчёте на NH_4^+ -ионы

$$\begin{array}{r} \text{NH}_4\text{NO}_3 - \text{NH}_4^+ \\ 60 \text{ г/моль} - 18 \text{ г/моль} \\ 350 \text{ кг} - x \text{ кг} \\ x = 105 \text{ кг.} \end{array}$$

В расчёте на 2,5 тыс. жителей поступление NH_4^+ -ионов составит $2500 \cdot 8,6 = 21,5 \text{ кг}$. Недостаток NH_4^+ -ионов составит $105 - 21,5 = 83,5 \text{ кг}$.

В пересчёте на NH_4NO_3 получим

$$\begin{array}{r} 60 \text{ г} - 18 \text{ г} \\ x \text{ кг} - 83,5 \text{ кг} \\ x = 278,33 \text{ кг} \end{array}$$

Ответ: 278,33 кг.

Пример 27. В сточных водах на одного жителя приходится 0,004 кг фосфора в сутки. Вычислите массу (кг) двойного суперфосфата, содержащего 80% $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, если для обработки 10 га земельных угодий израсходованы суточные сточные воды населённого пункта, в котором проживает 1 тыс. жителей, при потребности фосфора 0,5 кг/га.

Решение. Потребность фосфора на 10 га равна $10 \cdot 0,5 = 5$ кг. Поступление со сточными водами от населённого пункта составит $0,004 \cdot 1000 = 4$ кг. Недостаток составит $5 - 4 = 1$ кг. Вычислим массу фосфора в $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

$$\begin{array}{r} \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 - 2\text{P} \\ 234 \text{ г/моль} - 2 \cdot 31 \text{ г/моль} \\ x \text{ г} - 1000 \text{ г} \\ x = 3,774 \text{ кг.} \end{array}$$

С учётом $\omega = 80\%$, масса удобрения равна $3,774 \cdot 100/80 = 4,718$ кг.

Ответ: 4,718 кг.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

126. С одного гектара орошаемых земель выносится фосфор массой 0,5 кг. Рассчитайте массу двойного суперфосфата, необходимого для обработки 50 га таких земель, если содержание $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ в удобрении равно $\omega = 90\%$.

Ответ: 104,84 кг.

127. С одного гектара орошаемых земель выносится фосфор массой 0,5 кг. Рассчитайте массу двойного суперфосфата, необходимого для обработки 100 га таких земель, если содержание $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ в удобрении равно $\omega = 85,5\%$.

Ответ: 220,71 кг.

128. С одного гектара орошаемых земель выносится фосфор массой 0,5 кг. Рассчитайте массу двойного суперфосфата, необходимого для обработки 75 га таких земель, если содержание $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ в удобрении составляет $\omega = 85\%$.

Ответ: 166,51 кг.

129. Со стоками с ферм одно животное в сутки уносит фосфор массой 0,05 кг. Рассчитайте массу фосфора, которую уносят 200 животных с фермы в течение 30 дней.

Ответ: 300 кг.

130. Рассчитайте массу фосфора, которую уносят со стоками с фермы 400 животных в течение одной недели, если в сутки одно животное уносит фосфор массой 0,02 кг.

Ответ: 56 кг.

131. В сточных водах на одного городского жителя приходится фосфор массой 0,005 кг в сутки. Сколько гектар земельных угодий можно обработать недельными сточными водами, если с 1 га орошаемых земель выносится фосфор массой 0,5 кг, а население города составляет 100 тыс. жителей?

Ответ: 7000 га.

132. В сточных водах на одного городского жителя приходится фосфор массой 0,004 кг в сутки. Сколько гектар земельных угодий можно обработать трёхнедельными сточными водами, если с 1 га орошаемых земель выносится фосфор массой 0,5 кг, а население города составляет 150 тыс. жителей?

Ответ: 25 300 га.

133. В сточных водах на одного городского жителя приходится фосфор массой 0,006 кг в сутки. Сколько гектар земельных угодий можно обработать двухнедельными сточными водами, если с 1 га орошаемых земель выносится фосфор массой 0,5 кг, а население города составляет 108 тыс. жителей?

Ответ: 18 144 га.

134. На одного жителя приходится в сточных водах фосфор массой 0,004 кг в сутки. Вычислите массу двойного суперфосфата, содержащего $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ($\omega = 98\%$), следует дополнительно израсходовать для восполнения дефицита фосфора, если для обработки 100 га земельных угодий израсходованы сточные воды населённого пункта, в котором проживает 3 тыс. жителей. При условии, что с 1 га уносится фосфор массой 0,5 кг.

Ответ: 150,97 кг.

135. На одного жителя приходится в сточных водах фосфор массой 0,004 кг в сутки. Масса двойного суперфосфата, которую нужно дополнительно внести, если для обработки 20 га земельных угодий израсходованы сточные воды населённого пункта, в котором проживает 1000 жителей. При условии, что $\omega(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 95\%$, а с 1 га уносится фосфор массой 0,5 кг?

Ответ: 23,837 кг.

136. Сколько аммиачной селитры, содержащей 20% индифферентных примесей, потребуется для обработки 200 га земельных угодий, если потребность в NH_4^+ ионах составляет 0,5 кг/га?

Ответ: 556,56 кг.

137. В расчёте на одного жителя в канализацию ежедневно поступает 10 г NH_4^+ -ионов. Вычислите массу аммиачной селитры, содержащей 15% примесей, следует добавить дополнительно при обработке 100 га земельных угодий, если использовать сточные воды населённого пункта, в котором проживает 1000 человек при потребности NH_4^+ -ионов 0,5 кг/га?

Ответ: 209,15 кг.

138. Ежедневно на одного жителя поступает NH_4^+ -ионов массой 9,6 г. Вычислите массу аммиачной селитры, содержащей NH_4NO_3 ($\omega = 85\%$) потребуется дополнительно для обработки 100 га земельных угодий, если использовать сточные воды населённого пункта, в котором проживает 15 тыс. человек (потребность в NH_4^+ -ионов 0,5 кг/га).

Ответ: 22,5 кг.

139. В расчёте на одного жителя в канализацию ежедневно поступает 9,6 г NH_4^+ -ионов. Масса (кг) аммиачной селитры, содержащая NH_4NO_3 ($\omega = 85\%$), которую нужно добавить для восполнения дефицита NH_4^+ -ионов при обработке 400 га земельных угодий, если использовать сточные воды населённого пункта, в котором проживает 15 тыс. человек при потребности NH_4^+ -ионов 0,5 кг/га?

Ответ: 292,8 кг.

140. На одного жителя приходится в сточных водах фосфор массой 0,004 кг в сутки. Масса (кг) двойного суперфосфата, содержащего $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ с $\omega\% = 95\%$, которую следует внести дополнительно, если для обработки 100 га земельных угодий израсходованы сточные воды населённого пункта, в котором проживает 3000 жителей. При условии, что с 1 га уносится фосфор массой 0,5 кг.

Ответ: 150,97 кг.

141. На одного жителя приходится в сточных водах фосфор массой 0,004 кг в сутки. Масса (кг) двойного суперфосфата, содержащего $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ с $\omega = 95\%$, которую следует внести дополнительно, если для обработки 20 га земельных угодий израсходованы сточные воды населённого пункта, в котором проживает 1000 жителей. При условии, что с 1 га уносится фосфор массой 0,5 кг.

Ответ: 23,837 кг.

142. На одного жителя приходится в сточных водах фосфор массой 0,004 кг в сутки. Масса (кг) двойного суперфосфата, содержащего $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ с $\omega = 95\%$, которую следует внести дополнительно, если для обработки 200 га земельных угодий израсходованы сточные воды населённого пункта, в котором проживает 1000 жителей. При условии, что, а с 1 га уносится фосфор массой 0,5 кг.

Ответ: 381,39 кг.

143. В расчёте на одного жителя в канализацию ежедневно поступает 10 г NH_4^+ -ионов. Масса (кг) аммиачной селитры, содержащей NH_4NO_3 ($\omega = 85\%$), которую нужно добавить для восполнения дефицита NH_4^+ -ионов при обработке 100 га земельных угодий, если использовать сточные воды населённого пункта, в котором проживает 1000 человек при потребности NH_4^+ -ионов 0,5 кг/га.

Ответ: 209,15 кг.

144. В расчёте на одного жителя в канализацию ежедневно поступает 8 г NH_4^+ -ионов. Масса (кг) аммиачной селитры, содержащей NH_4NO_3 ($\omega = 85\%$), которую нужно добавить для восполнения дефицита NH_4^+ -ионов при обработке 75 га земельных угодий, если использовать сточные воды населённого пункта, в котором проживает 2000 человек при потребности NH_4^+ -ионов 0,5 кг/га.

Ответ: 95,56 кг.

145. В расчёте на одного жителя в канализацию ежедневно поступает 9,6 г NH_4^+ -ионов. Масса (кг) аммиачной селитры, содержащей NH_4NO_3 ($\omega = 85\%$), которую нужно добавить для восполнения дефицита NH_4^+ -ионов при обработке 500 га земельных угодий, если использовать сточные воды населённого пункта, в котором проживает 15 тыс. человек при потребности NH_4^+ -ионов 0,5 кг/га.

Ответ: 554,25 кг.

146. Докажите с помощью расчётов, что применение в качестве удобрения KNO_3 (индийская селитра) более выгодно, чем NH_4NO_3 (аммиачная селитра).

147. Техническая мочевина, применяемая в качестве удобрения, содержит приблизительно 85% $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Определите содержание (ω , %) азота в мочеvine.

Ответ: 39,7%.

148. Определите массовую долю азота (ω , %) в удобрениях: а) NaNO_3 ; б) NH_4NO_3 ; в) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; г) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$.

Ответ: а) 16,47%; б) 35,00%; в) 21,21%; г) 46,66%.

149. Какая масса (кг) простого суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{CaSO}_4$ эквивалентна по содержанию фосфора в 120 кг двойного суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$.

Ответ: 259,49 кг.

150. Определите содержание (ω , %) азота и фосфора в аммофосе $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$.

Ответ: 21,21% азота; 46,97% фосфора.

151. С каждой тонной кукурузы из почвы выносятся приблизительно азот массой 14 кг. Для восполнения дефицита этого элемента вносят аммиачную селитру, содержащую примерно 8,2% индифферентных примесей. Определите массу (кг) такой селитры для выращивания кукурузы массой 2,5 т.

Ответ: 81,75 кг.

152. С каждой тонной кукурузы из почвы выносятся калий массой приблизительно 3,5 кг. Для восполнения дефицита этого элемента вносят сильвинит, содержащий KCl ($\omega = 40\%$). Рассчитайте массу (кг) сильвинита для восполнения дефицита при выращивании кукурузы массой 5 т.

Ответ: 83,57 кг.

153. С каждой тонной кукурузы из почвы выносятся магний массой около 1 кг. Для восполнения дефицита этого элемента вносят доломит, содержащий $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ($\omega = 40\%$). Определите массу (кг) доломита для восполнения дефицита при выращивании кукурузы массой 10 т.

Ответ: 112,13 кг.

154. С поля вывезли урожай кукурузы массой 18 т. Известно, что каждая тонна этой кукурузы уносит из почвы фосфор массой 2,5 кг. Для восполнения почвенного дефицита в этом элементе используют аммофос, содержащий $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ($\omega = 92\%$). Масса (кг) этого удобрения, которая потребуется для восполнения дефицита фосфора.

Ответ: 179,87 кг.

155. С каждым центнером фасоли из почвы выносятся примерно 10 кг калия. Для восполнения дефицита этого элемента необходимо внести в почву сильвинит, содержащий 40% KCl. Рассчитайте массу (кг) удобрения.

Ответ: 47,75 кг.

156. С каждым центнером фасоли из почвы выносятся магний массой примерно 2 кг. Для восполнения дефицита этого элемента необходимо внести в почву $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Рассчитайте массу (кг) удобрения.

Ответ: 20,5 кг.

157. С каждым центнером фасоли из почвы выносятся фосфор массой примерно 5 кг. Для восполнения дефицита этого элемента необходимо внести в почву преципитата, содержащего 75% CaHPO_4 . Рассчитайте массу (кг) удобрения.

Ответ: 29,25 кг.

158. В состав молекулы пестицида «Децис» входят три атома кислорода. Массовая доля химических элементов в молекуле вещества составляет: углерод – 0,523; водород – 0,0376; бром – 0,317; азот – 0,277. Определите молекулярную массу «Дециса».

Ответ: 505 г/моль.

159. Определите молекулярную формулу метафоса, который представляет собой химическое соединение с плотностью паров по воздуху 7,55; массовые доли химических элементов в его молекуле равны (ω , %): С – 38,36; Н – 4,57; О – 36,53; Р – 14,15; остальное – азот.

Ответ: $C_7H_{10}O_5PN$ ($M = 219$ г/моль).

160. Определите молекулярную формулу пестицида, если плотность его паров по кислороду равна 10,1, а в составе молекулы находятся (ω , %): С – 44,72; Н – 1,24; О – 9,94; остальное – хлор.

Ответ: $C_{12}H_4O_2Cl_4$.

161. Исходя из различных рН почвенных покровов, укажите для каких почв эффективность применения сульфата аммония снижается. Приведите уравнения реакций.

162. Значение рН почвенного раствора объёмом 100 см^3 составляет 5. Вычислите массу поташа (K_2CO_3), которую необходимо внести в почву, чтобы снизить рН до 4.

Ответ: 1,38 г.

163. Для разрыхления кислых торфяных почв проводят известкование. Напишите уравнения химических реакций и объясните, за счёт чего происходит разрыхление почвы. Рассчитайте, какое количество $CaCO_3$ необходимо взять для изменения рН почвенного раствора объёмом 1 дм^3 с рН = 5 до рН = 6.

Ответ: 10 г.

164. Запасы гумуса пахотных угодий Зауральской степной зоны Башкортостана составляет в среднем порядка 400 т/га. Вследствие ухудшения агрохимических свойств происходит ежегодная потеря гумуса в среднем до 0,33%. Рассчитайте дисбаланс гумуса за 10 лет на территории 100 га.

Ответ: 1320 т.

165. Аммофос получают путём нейтрализации фосфорной кислоты аммиаком по уравнению $H_3PO_4 + NH_3 \rightarrow NH_4H_2PO_4$. Вычислите объём аммиака, который потребуется для получения аммофоса массой 10 т, содержащего 10% азота.

Ответ: $1947,9 \text{ м}^3$.

166. В состав природных геохимических соединений входит магневая слюда $Mg(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$. Рассчитайте процентный состав элементов, входящих в состав этой слюды.

Ответ: $\omega(Mg) = 19,1\%$; $\omega(O) = 51,0\%$;
 $\omega(Al) = 7,2\%$; $\omega(Si) = 22,3\%$; $\omega(H) = 0,5\%$.

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

*Хлеб наш насущный
Даждь нам днесь.*

Молитва «Отче наш»

Население Земли растёт высокими темпами. Демографы предполагают, что население земного шара в 2050 г. составит 9,2 млрд. человек. Некоторые международные организации, занимающиеся этой проблемой, называют другую цифру 12...20 млрд. человек. Человек, как и все виды животных, зависит от растительной пищи – и прямо, и косвенно, через потребление мяса животных, питающихся растениями. Выход из этой ситуации – непрерывное расширение и интенсификация производства продуктов питания и дальнейшее развитие его научной и технологической основы.

В связи с резким ухудшением экологической ситуации в масштабах планеты проблемы охраны здоровья населения становятся наиболее приоритетными направлениями развития медицины и общества. Было установлено, что ряд болезней можно предотвратить введением в состав пищи соответствующих продуктов.

Как правило, с обычной пищей можно получить все необходимые вещества в достаточных количествах, но, тем не менее, целесообразно для улучшения здоровья обогатить пищу химическими элементами и витаминными препаратами.

Пища – прежде всего, знание – что есть, в каком виде, когда и как. Пищевые продукты играют важную роль, так как являются источником энергии, позволяющим производить работу, и источником тепла, поддерживающим необходимую температуру тела. Пищевые продукты выполняют эту роль благодаря тому, что в организме они окисляются кислородом, поступающим в лёгкие из воздуха и переносимым в ткани гемоглобином крови.

По своему содержанию в живом веществе химические элементы можно разделить на *макро-* и *микроэлементы*. В организм микро- и макроэлементы поступают с продуктами питания, водой, воздухом, поэтому очень важно знать какие именно микро- и макроэлементы содержатся в них. Из 92 встречающихся в природе химических элементов 81 обнаружен в организме человека; 12 элементов называют структурными, так как они составляют 99% элементного состава человеческого организма – С, О, Н, N, Са, Mg, Na, К, S, P, Cl. К макроэлементам относят элементы: С, О, Н, N, на долю которых приходится 96% массы живого вещества, и Са, P, К, S (3% массы живого вещества). Макроэлементы сконцентрированы,

как правило, в одном типе тканей живого организма (соединительные ткани, мышцы, кости, кровь). Они составляют пластический материал основных несущих тканей, обеспечивают свойства всей среды организма в целом: поддерживают определённые значения pH, осмотического давления, сохраняют в нужных пределах кислотно-основное равновесие; обеспечивают устойчивость коллоидных систем в организме. Содержание макроэлементов в организме достаточно постоянно, но даже сравнительно большие отклонения от нормы совместимы с жизнедеятельностью организма. Макроэлементы, как правило, входят в организм в виде органических соединений.

Микроэлементы находятся в нашем организме в очень малом количестве – это десятитысячные доли процента, но при этом они оказывают огромное влияние на здоровье человека. Секрет действия микроэлементов заключается в том, что они являются катализаторами основных жизненных процессов. Биологическая роль микроэлементов определяется участием практически во всех видах обмена веществ: они являются *кофакторами* – неизменными компонентами многих ферментов, витаминов, гормонов, участвуют в процессах кроветворения, роста, размножения и дифференцировки, стабилизации клеточных мембран, тканевом дыхании, иммунных реакциях и многих других процессах, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность. Микроэлементы не синтезируются в организме, они поступают извне. И если с питанием микроэлементы поступают в организм в недостаточном количестве, то для нормального функционирования организма их следует добавлять в рацион.

Функции и биологическая роль макро- и микроэлементов в человеческом организме различны. Однако недостаточность этих важнейших элементов и биологически активных веществ могут повлечь неприятные последствия: от повышенной утомляемости или частого недомогания до различных серьёзных заболеваний. Накопление тяжёлых металлов во внутренних органах человека приводит к развитию различных заболеваний. У агрессивных людей в волосах обнаружено повышенное содержание железа, меди и пониженное – цинка. Возрастное понижение содержания меди в организме вызывает рак лёгких. Тяжёлые металлы, поступающая из почвы в растения, передаются по цепям питания, оказывают токсичное действие на растения и человека. Не случайно при международной торговле продуктами питания объединённая комиссия продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО) и Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила 8 токсикантов (Hg, Cd, Pb, As, Cu, Sr, Zn, Fe) в число компонентов, содержание которых строго контролируется. Появление патологии у человека, связанной с концентрацией микроэлементов во внешней среде, разнообразно. Это послужило основанием для выделения такого класса болезней, как *микродоэлементозы*, т.е. заболевания и синдромы, в этиологии которых главную

роль играет недостаток или избыток в организме человека микроэлементов или их дисбаланс, в том числе аномальные соотношения микро- и макроэлементов. Возможности человеческого здорового организма весьма высоки, однако человеческий организм не может нормально функционировать без полноценного снабжения минералами и витаминами. *Витамины* – незаменимые органические соединения. Нормальный обмен веществ, высокая умственная и физическая работоспособность, устойчивость к болезням – вся жизнедеятельность нашего организма в их власти. Они почти не синтезируются организмом, поэтому должны регулярно поступать с пищей. Основные причины дефицита витаминов: вредные привычки (курильщикам требуется 35 мг витамина С), несовершенство технологий (по пути от зерна до хлеба теряется 80...90% витаминов группы В) загрязнение среды, низкое содержание йода и т.д.

Исходя из содержания этих веществ, необходимо восполнить или, напротив, уменьшить количество потребляемых продуктов питания. Лекарственные препараты помогают нам скорректировать содержание микроэлементов в организме, но основную роль в балансе микроэлементов играют продукты питания. Микроэлементы в продуктах легче усваиваются нашим организмом и являются более здоровыми, так как не имеют побочных эффектов в отличие от лекарственных средств. Данные о содержании тех или иных микро- и макроэлементов, витаминов, их роли, источников поступления в организм человека, явлениях при недостатке или избытке приведены в табл. 7.

Данные о примерном содержании тех или иных макро- и микроэлементов приведены в табл. 8.

Так как состав продуктов питания резко зависит от условий выращивания культуры, то содержание этих элементов может изменяться. Хотунцев Ю.Л. на примерах содержания нитратов в различных культурах показал соблюдение этой зависимости (табл. 9).

Экологические загрязнения, стрессы, несбалансированные диеты, повышенные физические нагрузки особенно требуют повышенного потребления микро- и макроэлементов.

Большинство людей во всём мире употребляют в пищу сельскохозяйственные продукты, выращенные с применением удобрений, прежде всего азотных, фосфорных и калийных. Механизм воздействия нитратов на организм человека исследован довольно хорошо. Установлено, что нитраты подавляют дыхание клеток, организм задыхается. Это выражается в снижении работоспособности, головокружении, потере сознания. Кроме того, высказываются предположения, что нитраты могут служить «пусковым механизмом» для процесса размножения потенциально злокачественных клеток. Например, существует гипотеза, что аномально высокое число заболеваний раком желудка в Чили, по сравнению с другими регионами мира, вызвано высоким содержанием в почве этой страны природных нитратов.

7. Биологическая роль химических элементов и важнейших витаминов

Элемент	Содержание в организме на массу 70 кг	Суточная потребность	Местонахождение в организме, функции и источник поступления	Явление	
				при недостатке	при избытке
Макроэлементы					
Калий	200 г	2...3 г весной 5...6 г осенью	<p>Нормализует водный обмен, усиливает выделение мочи, регулирует кислотно-основное равновесие крови, нормализует артериальное давление.</p> <p>Обладает защитным действием при избытке натрия, участвует в выработке всех ферментов.</p> <p>Печёный картофель, курага, изюм, свежие красные помидоры</p>	Уменьшение числа сердечных сокращений	Калиевое торможение – состояние крайнего расслабления
Кальций	≈ 2,0%	800...1000 мг	<p>Кости, обуславливает прочность скелета.</p> <p>Регулятор жизнедеятельности клеток, процесса свёртывания крови, сокращения мышц.</p> <p>Установлена чёткая корреляция между содержанием Са в плазме крови и величиной артериального давления, т.е. он играет существенную роль в развитии гипертонии.</p>	Остеопороз – умячение тканей, сильные боли в руках, ногах и других частях тела, спазмы и судороги. Перевозбуждение нервной системы. Замедление роста скелета	Мочекаменная болезнь

Продолжение табл. 7

Элемент	Содержание в организме на массу 70 кг	Суточная потребность	Местонахождение в организме, функции и источник поступления	Явление	
				при недостатке	при избытке
Кальций	≈ 2,0%	800...1000 мг	<p>Залегнован в следующих функциях нервной системы: передача нервных импульсов, контроль равновесия между процессами возбуждения и торможения в коре головного мозга. Он также обеспечивает сокращение скелетных мышц и мышц сердца.</p> <p>Кальций принимает участие в обмене веществ, кроветворении, повышает сопротивляемость организма по отношению к инфекциям и токсинам.</p> <p>Соли кальция усваиваются только в союзе с солями фосфора.</p> <p>Молоко, сыры, яичные желтки.</p> <p>Для нормального усвоения кальция важен витамин D.</p> <p>В рыбьем жире, жирных породах рыб, сливочном масле</p>		
Магний	20...42 г	300...400 мг	<p>Костная ткань, плазма крови, эритроциты. Принимает участие в синтезе белка, нормализует функции почек и желчевыводящих путей,</p>	<p>Признаками его дефицита могут являться следующие заболевания: бессонница, мигрень, хроническая усталость, спазмы и судороги</p>	<p>Сонливость, потеря чувствительности, паралич дыхания, ухудшает усвояемость кальция</p>

			<p>положительно влияет на работу сердечно-сосудистой и нервной системы. Участвуя в превращении креатина фосфата в АТФ, магний контролирует энергетику организма. Снижает уровень холестерина в крови, необходим диабетикам. Обладает сосудорасширяющими свойствами. Хлеб – особенно зерновой и из муки грубого помола, рис, гречка, фасоль в любом виде</p> <p>Мозг, лёгкие, почки, кости, кровь, пищеварительная система.</p> <p>Участвует в регуляции кровяного давления, водного обмена нервной и мышечной ткани. Поваренная соль</p>	<p>мышц, а также сердечная аритмия, в некоторых случаях развивается артрит и остеопороз. От недостатка магния страдает до 90% современных людей</p>	
<p>Натрий</p>	<p>70 г</p>	<p>4,0...6,0 г (1...3 г при подсаливании пищи)</p>	<p>Избыток натрия способствует удержанию в организме большого количества воды, затрудняет лишней работой почки и сердце, приводит к повышению артериального давления и отёчности</p>	<p>Потеря натрия ведёт к потере воды. Натрий участвует в работе особого клеточного насоса, который способствует правильному переносу веществ из клетки живого организма во внешнюю среду и, наоборот</p>	
<p>Фосфор</p>	<p>560 г</p>	<p>1600 мг – взрослые 1700 мг – дети</p>	<p>Фосфор – элемент мысли. Фосфор в виде солей и фосфорной кислоты присутствует как в мышечных, так и в костных тканях. Он способствует развитию скелета, повышает резистентность зубов к кариесу, необходимым для работы центральной нервной системы, принимает участие во внутриклеточном обмене.</p> <p>Речная и морская рыба, морепродукты, твёрдые сыры, молоко</p>	<p>При избытке фосфора в организме значительно снижается уровень марганца и кальция, что может способствовать возникновению остеопороза</p>	

Элемент	Содержание в организме на массу 70 кг	Суточная потребность	Местонахождение в организме, функции и источник поступления	Явление	
				при недостатке	при избытке
Микроэлементы					
Железо	3,5...5,0 г (из них в крови 2,6 г)	10 мг – мужчины 15 мг – женщины	Участвует в образовании гемоглобина и дыхательных ферментов. Связывание кислорода и перенос его в ткани. Г лавный регулятор содержания железа в крови – печень, стимулирует кроветворение. Входит в состав 70 ферментов. Зерновые продукты, бобовые, яйца, творог, говяжья печень. В овощах и фруктах железа мало, зато оно из них полностью усваивается. Особенно из овощей и фруктов зелёного цвета, например, зелёных яблок	Анемия. Железодефицитная анемия. Малокровие. Нарушение иммунной системы	Сидероз глаз и лёгких (отложение соединений железа в этих тканях). Негативно воздействует на антиоксидантную систему организма и может вызвать токсикацию. Опасность инфаркта-миокарда
Йод	20 мг	0,2 мг	Щитовидная железа (≈ 10 мг). Участвует в образовании гормона тироксина. Мышцы (≈ 10 мг). Морская капуста, морепродукты, а также йодированные продукты – соль, хлеб, молоко (информация об этом должна быть на упаковке)	Снижение функции щитовидной железы, вследствие чего образование эндемического зоба. Кретинизм. Замедление метаболизма	При длительном применении препаратов йода возможно появление йодизма – насморк, крапивница, слезотечение, угревидная сыпь (йододерма)

Кобальт	30 мг	7...15 мкг	<p>Подключная железа, кровь. Способствует синтезу белков, усвоению азота, фосфора и кальция. Кобальт входит в состав витамина В₁₂, который в процес-се обмена веществ переносит алкильные связи (связь Со – С). Йод и кобальт являются взаимно-исключающими элементами; участвует в образовании инсулина. Говядя и свинья печень, почки, а также свёкла, горох, земляника и клубника (в свежем или замороженном виде)</p>	<p>Анемия, ускоряется развитие зоба</p>	<p>Подавление синтеза витамина В₁₂, поражение почек</p>
Марганец	340 мг	5...10 мг	<p>Входит в состав 12 ферментов, участвует в формировании костной ткани и кроветворении, обеспечивает нормальное функционирование нервной системы, помогает бороться с алергическими реакциями и сахарным диабетом. Контролирует уровень холестерина. Животные и соевые белки.</p> <p>Суточная норма марганца зависит от трудовой деятельности человека. Люди, занимающиеся тяжёлым физическим трудом, нуждаются в большем количестве марганца. При необходимости быстро увеличить количество данного микроэлемента в крови, достаточно выпить стакан чаю</p>	<p>Недостаток марганца провоцирует заболевания: центральной нервной системы, проявляясь судорогами, задержкой развития детей, депрессией, повышенной утомляемостью; костной ткани – остеопороз, артрозы; соединительной ткани; иммунной системы – склонность к новообразованиям, риск астмы; поджелудочной железы – риск диабета, нарушение толерантности к глюкозе, ожирение; женской половой системы – ранний климакс, дисфункция яичников, бесплодие; кожи – нарушение пигментации</p>	<p>При выраженных отравлениях наблюдается поражение нервной системы с характерным синдромом марганцевого паркинсонизма</p>

Продолжение табл. 7

Элемент	Содержание в организме на массу 70 кг	Суточная потребность	Местонахождение в организме, функции и источник поступления	Явление	
				при недостатке	при избытке
Медь	100 мг	2...3 мг	Принимает участие в образовании гемоглобина, необходим для роста и размножения, входит в состав пигмента меланина. У некоторых организмов (улитка) медь выполняет функцию переноса кислорода. Входит в состав 70 ферментов. Красное мясо, морепродукты – моллюски, креветки, орехи, особенно грецкие и кешью	Недостаток меди в организме может вызывать задержку роста, анемию, депигментацию волос и частичное облысение, потерю аппетита, и, соответственно, снижение веса, атрофию; служит причиной раковых заболеваний	Нарушение психики и паралич некоторых органов (болезнь Вильсона)
Молибден	9 мг	0,2 мг	Входит в состав более ста ферментов. Влияет на процессы обмена веществ в организме, развитие и роста организма. Этот микроэлемент способствует поддержанию флоры в организме, укрепляет эмаль зубов и предохраняет их от разрушения. Мясо животных и птицы, животные жиры	При недостатке молибдена развиваются дезориентация в пространстве, пороки мозга, умственная отсталость, нарушения чувствительности, куриная слепота, патологии хрусталика; в почках могут образоваться камни, закрываются клетки и ухудшается состав крови. Человек становится нервным и легко возбудимым, часто утомляется и плохо спит, его организм часто реагирует на различные раздражители тошнотой и рвотой, одышкой;	Избыток молибдена в организме может быть следствием производственной интоксикации или высокого содержания этого элемента в питьевой воде. Прием больших доз препаратов, содержащих молибден, тоже приводит к превышению его безопасного уровня в организме. В таких случаях, как и при дефиците, может снизиться масса тела, возникает раздражение слизистых оболочек, и так называемая молибденовая подагра, так как усиленная

Селен	350 мкг	70 мкг в сутки – мужчине, 55 мкг – женщине, 1 мкг на 1кг веса ребёнка – ребёнку	Кровь. Предупреждает сердечно- сосудистые заболевания, способствует более быстрому росту мышц. Морепродукты (особенно устрицы и мидии), красное вино, виноград, белые грибы	некоторые люди даже впадают в кому. В результате дефицита молибдена нарушается белковый обмен: снижается иммунитет, человек теряет массу тела, кожа и мышцы обвисают и становятся дряблыми, возникают отёки. К внешним проявлениям, которые, однако, идут изнутри организма, можно отнести выпадение волос и облысение, поражения кожи и ногтей – дерматиты и грибковые заболевания	активность ксантиоксидазы приводит к образованию избытка мочевой кислоты, и почки не успевают её выводить. Результат тот же – отложение солей в суставах и подагра. При избытке молибдена также нарушается пигментация кожи, пищеварение и работа почек, поражается структура лёгочной ткани, происходят сбои в процессе оплодотворения
				При дефиците селена наблюдается: – снижение иммунитета и повышенная восприимчивость к инфекциям; – повышенная чувствитель- ность к воздействию ионизирующей радиации; – нарушение обмена жирных кислот и повышение риска заболевания атеросклерозом; – нарушение функции печени и повышение её чувствитель- ности к влиянию токсинов и вируса гепатита; – усиленное накопление мышьяка, кадмия, ртути;	При передозировке селена отмечается ломкость костей и выпадение волос

Продолжение табл. 7

Элемент	Содержание в организме на массу 70 кг	Суточная потребность	Местонахождение в организме, функции и источник поступления	Явление	
				при недостатке	при избытке
Селен	350 мкг	70 мкг в сутки – мужчине, 55 мкг – женщине, 1 мкг на 1кг веса ребёнка – ребёнку		<ul style="list-style-type: none"> – нарушение деятельности сердечной мышцы – развитие миокардиодистрофии; – ускорение развития атеросклероза, ИБС, вероятности возникновения инфаркта миокарда; – выход из-под контроля аллергических реакций; – недостаточность поджелудочной железы. 	<ul style="list-style-type: none"> – обострение заболеваний кожи; – катаракта; – замедленный рост и позднее половое созревание; – угнетение репродуктивной функции женщин и мужчин, вплоть до бесплодия (селен обладает выраженным защитным действием по отношению к сперматозоидам и обеспечивает их подвижность); – ранний климакс; – преждевременное старение

Фтор	2...2,5 мг	Сохранение зубной эмали. Фтор поступает в основном с питьевой водой. В некоторых регионах воду специально фторируют	Кариез зубов	Флюороз (пятнистость эмали зубов)
Хром	6...30 мг	0,05...0,2 мг Предполагаемая суточная норма хрома взрослого человека не должна превышать 150 мг в сутки. Он присутствует во всех органах и тканях человеческого организма. Способность хрома контролировать содержание сахара в крови помогает защитить организм от заболевания диабетом. Он также влияет на процессы кроветворения и расщепления избыточного жира. Запас хрома помогает преодолеть стресс. Морепродукты, пивные дрожжи, ячмень, цельно-зерновые продукты, грибы	Нарушение утилизации легкоусвояемых углеводов, например глюкозы, нарушение зрения	Опасность отравления. Cr(III) – накапливается в лёгких, вызывает аллергию, рак лёгких; Cr(VI) – очень токсичный (нарушаются функции желудка, печени, поджелудочной железы)
Цинк	3 г	10...15 мг Входит в состав 100 ферментов. Сетчатка глаза, печень. Данный микроэлемент участвует не только в процессах кроветворения, формирования костей, выработке иммунитета, но также в деятельности желез внутренней секреции (синтез мужских гормонов, тестостерона, инсулина и гормона роста).	Карликовость, выпадение волос. Возможна полная потеря обоняния	Токсическое действие на кровь, сердце. канцерогенное действие, слабость. Баланс цинка в организме нарушается под действием алкоголя

Элемент	Содержание в организме на массу 70 кг	Суточная потребность	Местонахождение в организме, функции и источник поступления	Явление	
				при недостатке	при избытке
Цинк	3 г	10...15 мг	Обеспечивает нормальное функционирование предстательной и поджелудочной желез. Животные белки – говядина, постная свинина, баранина, крабы, устрицы, тыквенные семечки, ростки пшеницы		
Витамины					
Витамин А (ретинол и бета-каротин)		1,2 мг	Способствует росту, предупреждает и излечивает заболевания глаз, усиливает сопротивляемость организма к инфекционным заболеваниям	Ослабление зрения, нарушение нормального состояния кожи, пониженная сопротивляемость глаз и кожи к инфекционным заболеваниям. Ухудшение ночного зрения (куриная слепота). Каротины или про-витамины А превращаются в организме в витамин А	При избытке витамина А возникает головная боль, тошнота, вялость, сонливость, раздражительность. Дозы выше 9 000 мг (для мужчин) или 7 500 мг (для женщин) могут быть вредны. Беременным женщинам противопоказан прием пищевых добавок с витамином А без консультации с лечащим врачом, так как высокие дозы витамина А могут причинить вред плоду
Витамин В ₁ (тиамин)		1 мг	Предупреждает и излечивает полиневриты. Укрепляет нервную систему, благоприятно влияет на сердечную деятельность		Вызывает болезнь бери-бери, а также заболевания нервной системы (полиневриты)

Витамин B ₂ (рибофлавин)	3 мг	Рост организма и нормальное состояние кожи. Оказывает благоприятное действие при расстройствах желудочно-кишечного тракта, нервной системы и зрения	Нарушение роста, кожных покровов и глаз	Не стоит злоупотреблять продуктами содержащими витамин B ₂ , если у вас повышенная температура
Витамин B ₅ PP (никотиновая кислота и её амид)	15 мг	Предупреждает и излечивает пеллагру, укрепляет нервную систему. Входит в состав дыхательных ферментов, стимулирует усвоение белков	Вызывает заболевание кожи (пеллагра)	Более 2 г в день могут привести к повреждению нервных волокон, но даже 50 мг в день иногда могут привести к периферической невропатии
Витамин D	0,01 мг	Регулирует обмен минеральных веществ в организме. Предотвращает рахит. При облучении УФ светом содержание витамин D увеличивается	При его нехватке может развиваться глухота, поскольку звуки передаются в мозг через мельчайшие косточки	При его передозировке наблюдается общая слабость, тошнота, понос, потеря аппетита, повышение температуры. Его избыток может также вызывать хрупкость и ломкость костей

8. Содержание химических элементов и витаминов в продуктах (мг/100 г)

Продукты	Макроэлементы										Микроэлементы										Витамины				
	K	Ca	Mg	P	Fe	Co	Mn	Cu	Se	Cr	Zn	A	B ₁	B ₂	B ₅	C									
Арбуз			224		1,0			0,05																	
Баклажаны					0,4			0,14						1,0	0,06	0,4									
Говядина	340	19	22	13	2,9	0,035		0,18	0,003		3,75		0,2	0,2	4,0										
Горох	900		88	369	6,8			0,75							0,5	2,5									

Продолжение табл. 8

Продукты	Макроэлементы					Микроэлементы										Витамины				
	К	Ca	Mg	P	Fe	Co	Mn	Cu	Se	Cr	Zn	A	B ₁	B ₂	B ₅	C				
Грибы (белые)	400...6000		15...180		5,2		1,8													
Земляника			18		1,2		0,13									60				
Зерновые (пшеница, овес, ячмень)			130		4,6	0,005	2,8	1,0	0,020	0,020	4,5		0,4	0,15						
Капуста квашенная			16		0,4															
Капуста белокочанная	148		16		0,6		0,08					3,0	0,08	0,06	0,4	30				
Капуста цветная			17		1,4											70				
Картофель	443		23		0,9	0,002	0,15	0,14		0,033			0,06	0,04	1,0	10				
Крупяная	400	200	40		2,2		0,4					10								
Крупа гречневая			48		6,0		2,0	0,64					0,5							
Крупа овсяная			116	3,9				0,50							1,0					
Крупа перловая			40		1,8			0,28							2,0					
Лук	250	87	16		1,0		0,19	0,09		0,016	8,50	6,0				60				
Малина	1000						2,95				0,56	0,3								

Продукты	Макроэлементы						Микроэлементы								Витамины				
	K	Ca	Mg	P	Fe	Co	Mn	Cu	Se	Cr	Zn	A	B ₁	B ₂	B ₅	C			
Смородина красная																30			
Смородина чёрная												0,7				300			
Семена подсолнечника	647	110	420	530	6,3		2,4	2,8			5,2								
Семена тыквы	204	51	535	1174	11,2		1,0	1,38			7,44				0,4	40			
Томат			20		0,9			0,12				2,0	1,0		0,4				
Треска	340		30	210	0,65			0,15						0,1	2,0				
Тыква			14		0,46			0,18					1,0						
Укроп																150			
Фасоль	1160		180	504	6,7		2,0	0,61		0,010	2,8			0,5	2,5				
Хлеб ржаной	240		47	250	3,9		0,9	0,22			1,3		0,15	0,2	1,0				
Хлеб пшеничный			14,0		2,66	0,002		0,13	0,055	0,049	1,8				1,0				
Чеснок	410	190	25	160	1,7		1,7	0,13	0,015		1,2		0,2	0,1	0,6	33			
Шиповник (сушёный)												5,0				1500			
Яблоки	230		9,0		2,2			0,11			0,2	0,1	0,1	0,05		60			

9. Содержание нитратов (мг/кг)

Культура	min	max	Культура	min	max
Арбуз	44	572	Морковь	176	2200
Горошек (зелёный)	22	88	Картофель	44	968
Капуста (белокочанная)	66	2860	Тыква	308	1320
Перец сладкий	44	352	Фасоль	22	880
Лук (репка)	66		Чеснок	44	308

Учёные полагают, что в организме человека нитраты превращаются в нитрозосоединения, прежде всего в нитрозоамины. Нитрозоамины способствуют образованию злокачественных опухолей и могут быть причиной 70...90% случаев онкологических заболеваний, возникновение которых приписывают действию факторов окружающей среды.

Чтобы поддержать здоровье и выжить в экологически неблагоприятных условиях, необходимо научиться снижать уровень накапливающихся внутри органических токсичных веществ до относительно безопасных пределов. Важную роль в решении этой задачи сыграло новое медико-биологическое направление – *эндоэкология* – наука об экологии внутренней среды организма.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Пример 28. Оцените максимально допустимое по действующим нормам поступление свинца в организм взрослого человека за 50 лет его жизни с: а) питьевой водой; б) вдыхаемым воздухом; в) потребляемыми мясopодуктами.

Решение.

а) ПДК свинца в питьевой воде составляет $0,03 \text{ мг/дм}^3$; среднее суточное потребление воды составляет $2,5...3 \text{ дм}^3$. Тогда объём воды потребляемый человеком за 50 лет составит $3 \cdot 365 \cdot 50 = 54\,750 \text{ дм}^3$, а свинца поступит в организм человека $54\,750 \cdot 0,03 = 1600 \text{ мг} = 1,6 \text{ г}$;

б) в среднем за одну минуту через лёгкие человека проходит $0,5 \cdot 20 = 10 \text{ дм}^3$ воздуха, тогда за 50 лет $10 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 50 = 262\,800 \text{ м}^3$ воздуха. ПДК свинца в воздухе составляет $0,003 \text{ мг/м}^3$. Следовательно, за 50 лет через лёгкие поступит $262\,800 \cdot 0,003 = 788,4 \text{ мг}$ свинца;

в) по данным среднегодовое потребление мяса составляет в Российской Федерации $39...40 \text{ кг}$ в год. ПДК свинца в мясе составляет $0,5 \text{ мг/кг}$. Поэтому за 50 лет в организм человека с потребляемым мясом поступит $0,5 \cdot 2000 = 1000 \text{ мг} = 1 \text{ г}$ свинца.

Ответ: а) 1,6 г; б) 788,4 мг; в) 1,0 г.

Пример 29. Суточная потребность F^- -ионов взрослого человека равна приблизительно 2,8 мг. С обычной пищей поступает в организм человека приблизительно 1,0 мг F^- -ионов. Какой объём воды должна употребить за неделю семья из четырёх человек, чтобы возместить дефицит фтора, если ПДК(F^-) = 1,5 мг/дм³ воды?

Решение. Суточная потребность F^- -ионов одного человека из обычной пищи составляет $2,8 - 1 = 1,8$ мг. За неделю семья из четырёх человек должна употребить $1,8 \cdot 4 \cdot 7 = 50,4$ мг F^- -ионов. С учётом содержания F^- -ионов в 1 дм³ воды получим $50,4 \cdot 1/1,5 = 33,6$ дм³.

Ответ: 33,6 дм³.

Пример 30. Допустимое суточное потребление NO_3^- -ионов составляет приблизительно 5 мг/кг массы человека. В партии картофеля содержание нитратов составляет 120 мг/кг. Опасно ли ежедневное потребление 1,2 кг такого картофеля семьёй из трёх человек.

Решение. Допустимая норма суточного потребления нитратов на одного человека массой 70 кг составляет $5 \cdot 70 = 350$ мг. В 1,2 кг картофеля содержится $120 \cdot 1,2 = 144$ мг нитратов. На каждого члена семьи это составляет $144 : 3 = 48$ мг нитратов, с учётом массы тела человека $48 : 70 = 0,685$ мг/кг NO_3^- -ионов, что значительно ниже допустимой нормы потребления, поэтому такая масса картофеля является не опасной.

Ответ: не опасно.

Пример 31. Вычислите массу говяжьей печени, которую должна ежедневно съедать семья из четырёх человек, чтобы восполнить суточную норму витамина А, равную 3,0 мг, учитывая, что при термической обработке теряется приблизительно 20% витамина А, а содержание его в 100 г печени 7,5 мг.

Решение. Суточная норма витамина А для четырёх человек составляет $3 \cdot 4 = 12$ мг. С учётом 20% потери витамина А $12 \cdot 0,2 = 2,4$ мг, общая масса витамина А равна $12 + 2,4 = 14,4$ мг. Учитывая содержание витамина А в 100 г печени, равной 7,5 мг, получим $100 \cdot 14,4 / 7,5 = 192$ г печени.

Ответ: 192 г.

Пример 32. Содержание калия в 100 г сёмги равно 420 мг. С обычной пищей в детский организм за сутки поступает приблизительно 300 мг этого элемента. Вычислите массу сёмги, которую потребуется ежедневно съедать ребёнку, чтобы восполнить дефицит этого элемента, если суточная потребность в калии составляет 580 мг.

Решение. С учётом поступления калия в организм ребёнка с обычной пищей составляет приблизительно 300 мг, на долю рыбы (сёмги) приходится $530 - 300 = 230$ мг. Тогда масса сёмги, которую потребуется ежедневно съедать ребёнку, равна $100 \cdot 230 / 420 = 54,76$ г.

Ответ: 54,76 г.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

167. В образце моркови содержание меди – 9,6 мг/кг. Можно ли использовать эту морковь в пищу, если ежедневное её потребление составляет 100 г, а для взрослого человека допустимая суточная доза Cu^{2+} -ионов равна 3,0 мг. Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: можно.

168. Рассчитайте суточное потребление кураги для семьи из 5 взрослых человек, чтобы восполнить дефицит магния. Курага массой 100 г содержит магний 109 мг, а норма для взрослого человека составляет 500 мг/день. Из них приблизительно 300 мг магния поступает в организм с обычной пищей. При замачивании и промывании фрукта 25% магния переходит в воду.

Ответ: 1,223 кг.

169. Оцените максимально допустимое поступление цинка в организм лошади за 15 лет, если суточное потребление овса составляет 2 кг, а ПДК цинка для овса равно 50 мг/кг.

Ответ: 547,5 г.

170. Организм взрослого человека в среднем должен получать примерно 3 мг фтора в день. С пищей поступает примерно 1 мг. Какое должно быть содержание фтора в питьевой воде, чтобы восполнить дефицит фтора?

Ответ: 0,7 мг/дм³.

171. Своеобразной кладовой магния являются пшеничные отруби, в 100 г которых содержится приблизительно 418 мг этого элемента. За неделю семья из трёх человек съедает 1,8 кг этого продукта. Рассчитайте суточное потребление магния каждого члена семьи за счёт этого продукта.

Ответ: 358,3 мг.

172. Недельная доза потребления I^- -ионов взрослым человеком 1,05 мг. Какой объём воды следует употреблять за сутки, чтобы восполнить дефицит йода, если содержание йодидов в 1 дм³ этой воды составляет 0,05 мг?

Ответ: 3,0 дм³.

173. Семья из двух человек за сутки употребляет 120 г кураги, содержащей 109 мг Mg в продукте массой 100 г. На сколько процентов это количество кураги восполняет дефицит магния, если суточная потребность взрослого человека составляет 350 мг Mg/100 г продукта?

Ответ: 18,69%.

174. Магний – антистрессовый минерал. Примите на ночь столовую ложку меда – целебного «магниевого» продукта и тем самым Вы восполните суточную норму этого элемента. Рассчитайте содержание магния (ω , %) в данном продукте, если объём меда в столовой ложке 15 см^3 ($\rho(\text{меда}) = 1,431 \text{ г/см}^3$ при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и 16% влажности).

Ответ: 1,63%.

175. Ежедневно с пищей организм человека получает приблизительно 300 мг магния, суточная потребность его составляет приблизительно 350 мг. Восполнить дефицит этого элемента можно с помощью салата, в 100 г листьев которого содержится до 80 мг магния. При промывании этого продукта 20...30% магния может перейти в воду. С учётом этого рассчитайте недельную дозу салата для одного человека.

Ответ: 583,33 г.

176. Содержание магния в фасоли составляет 180 мг/100 г крупы. Суточная потребность в этом элементе для взрослого человека составляет приблизительно 350 мг. Рассчитайте массу фасоли, которую должна съесть за три дня семья из четырёх человек с учётом того, что ежедневно с обычной пищей на каждого члена семьи приходится 275 мг этого элемента.

Ответ: ≈ 500 г.

177. Суточная потребность человека в натрии составляет приблизительно 4,0 г натрия. При подсаливании пищи в организм поступает приблизительно 3,0 г. Ежедневно один человек съедает 5 г чеснока, содержащего 17 мг Na/100 г продукта. На сколько процентов будет восполнен дефицит этого элемента.

Ответ: 96,25%.

178. Дефицит йода восполняется употреблением йодированной поваренной соли массой 15 г. Определите содержание J⁻ (ω , %) в соли, если суточная потребность взрослого человека в йоде составляет 0,2 мг.

Ответ: 0,0013%.

179. Один взрослый человек за сутки съедает соль массой 11 г. Каково должно быть содержание йода (ω , %) в йодированной поваренной соли, если суточная потребность человека составляет 0,15 мг йода?

Ответ: 0,0014%.

180. В среднем детский организм должен получать 0,6 мг фтора в сутки. С пищей его поступает 0,3 мг. Недостающий фтор восполняется водой. Какова должна быть концентрация фтора в воде, если за сутки ребёнок употребляет примерно 1,2 дм³ воды.

Ответ: 0,25 мг/дм³.

181. Среднее содержание меди в гречихе составляет 8,1 мг/кг. Суточная потребность взрослого человека в меди равна 2,5 мг. Какова суточная норма гречихи для семьи из четырёх человек?

Ответ: 1,235 кг.

182. Содержание йода в йодированной соли (NaCl) составляет 0,005%. Какова недельная потребность взрослого человека в такой соли, если в сутки он должен употреблять 0,15 мг йода?

Ответ: 21 г.

183. Определите массу (г) говяжьей печени, которую должен съесть взрослый человек в день, чтобы восполнить норму витамина А, равную 2,5 мг, учитывая то, что при термической обработке теряется 25% витамина А, а содержание его в печени массой 100 г составляет 10 мг.

Ответ: 33,33 г.

184. Взрослый человек летом употребляет в пищу приблизительно 400 г помидор, в 100 г которых содержится 2 мг витамина А, при его норме 3,0 мг/день. При этом каротин, находящийся в растительной пище всасывается в кишечнике лишь на 35%. Достаточно ли этого количества помидор для поддержания витаминной нормы? Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: да.

185. Среднесуточное потребление хлор-ионов взрослым человеком составляет 5,2 г. Рассчитайте массу поваренной соли, содержащей 10% примесей, которая необходима для поддержания этой нормы хлор-ионов в семье из трёх человек.

Ответ: 28,29 г.

186. Доступный человеку объём пресной воды на планете равен 4,2 млн. м³. В среднем расход пресной воды на одного человека в год составляет приблизительно 900 м³. Население Земли составляет 7 млрд. человек (данные статистики на 31.10.2011 г.). За сколько лет население Земли выпьет пресную воду?

Ответ: 666,68 лет.

187. Суточная потребность взрослого человека в калии равна 5,0 г. С пищей поступает приблизительно 3,8 мг. Рассчитайте массу семян подсолнечника, которую должен съесть один человек за сутки, чтобы восполнить дефицит этого элемента, если содержание калия в семенах подсолнечника составляет 647 мг/100 г.

Ответ: 185,47 г.

188. Содержание фосфора в семенах подсолнечника равно 530 мг/100 г. Суточная потребность в этом элементе составляет 1,6 г. Рассчитайте массу семян подсолнечника для восполнения дефицита этого элемента, если с обычной пищей в организм поступает примерно 1,1 г фосфора.

Ответ: 94,34 г.

189. Семена подсолнечника содержат магний – 317 мг/100 г продукта, при суточной потребности одного человека 0,5 г этого элемента. Определите массу семян подсолнечника, которая потребуется для восполнения дефицита этого элемента для семьи из трёх человек, если примерно 0,3 г магния поступает в организм с обычной пищей.

Ответ: 189,27 г.

190. На сколько процентов удовлетворена потребность ребёнка в фосфоре, если за неделю ребёнок съедает 1,4 кг рыбы, в 100 г которой содержится 230 мг фосфора, а суточная потребность составляет 1700 мг?

Ответ: на 27,1%.

191. За сутки взрослый человек съедает 300 г рыбы (треска), в 100 г которой содержится 25 мг кальция, при суточной потребности этого элемента 1000 мг. На сколько процентов удовлетворена потребность взрослого человека в этом элементе?

Ответ: на 7,5%.

192. С обычной пищей в организм человека за сутки поступает примерно 2,7 г калия. Суточная потребность взрослого человека в этом элементе весной составляет 3,0 г. Рассчитайте массу сёмги, которая понадобится одному человеку для восполнения дефицита калия в весенний период, если содержание его в рыбе равно 420 мг/100 г продукта.

Ответ: 71,43 г.

193. С пищей в организм человека за сутки поступает 2,5 г калия. Суточная потребность взрослого человека в этом элементе осенью составляет 6,0 г. Определите массу фасоли, которая понадобится семье из пяти человек для восполнения дефицита калия в осенний период, если в 100 г фасоли содержится 1160 мг калия.

Ответ: 1,508 кг.

194. Содержание калия в 100 г хлеба равно 240 мг. С обычной пищей в организм взрослого человека за сутки поступает приблизительно 2,5 г этого элемента, при суточной потребности в весенний период 3,0 г. Определите массу хлеба, которую должен съесть один человек, чтобы восполнить дефицит этого элемента.

Ответ: 208,33 г.

195. Рассчитайте поступление свинца в организм взрослого человека за 10 лет его жизни с питьевой водой. ПДК свинца в питьевой воде составляет $0,03 \text{ мг/дм}^3$.

Ответ: 328,5 мг.

196. Рассчитайте поступление свинца в организм взрослого человека за 10 лет его жизни с вдыхаемым воздухом. ПДК свинца в воздухе составляет $0,003 \text{ мг/дм}^3$.

Ответ: 157,68 мг.

197. Рассчитайте поступление свинца в организм взрослого человека за 10 лет его жизни с мясopодуктами, если суточная норма мясopодуктов составляет в РФ (40 кг/год). ПДК свинца в мясе составляет 0,5 мг/кг.

Ответ: 200,0 мг.

198. Рассчитайте поступление свинца в организм взрослого человека за 50 лет его жизни с потребляемым мясом в Европейских странах (80 кг/год). ПДК свинца в мясе составляет 0,5 мг/кг.

Ответ: 2,0 г.

199. Определите образцы с превышением ПДК в продуктах и во сколько раз:

Образец	Содержание свинца в продуктах, мг/кг	ПДК, мг/кг
Рожь	0,212	0,5
Гречиха	0,613	0,5
Капуста	0,145	0,4
Морковь	0,425	0,4

Ответ: гречиха в 1,226 раз; морковь в 1,06 раз.

200. Определите образцы с превышением ПДК в продуктах и во сколько раз:

Образец	Содержание цинка в продуктах, мг/кг	ПДК, мг/кг
Пшеница	18,5	50
Ячмень	68,3	50
Картофель	14,5	10
Свёкла	11,5	10

Ответ: ячмень в 1,366 раз; картофель в 1,45 раз; свёкла в 1,15 раз.

201. Определите образцы с превышением ПДК в продуктах и во сколько раз:

Образец	Содержание кадмия в продуктах, мг/кг	ПДК, мг/кг
Овёс	0,125	0,1
Горох	0,213	0,1
Картофель	0,044	0,03
Свёкла	0,028	0,03

Ответ: овёс в 1,250 раз, горох в 2,130 раз, картофель в 1,466 раз.

202. В семенах персика, миндаля, вишни и абрикоса в небольших количествах присутствует синильная кислота (яд!). Смертельная доза для человека 50 мг. Определите содержание синильной кислоты в косточках абрикоса (ω , %), если после употребления 100 очищенных ядер абрикоса массой 50 г наступила смерть.

Ответ: 0,1%.

203. Рассчитайте поступление свинца в организм человека за 50 лет его жизни, если суточное потребление картофеля составляет 400 г, а содержание свинца в нём 0,4 мг/кг.

Ответ: 2,920 г.

204. Рассчитайте поступление свинца в организм человека за 20 лет его жизни, если суточное потребление картофеля составляет 300 г, а содержание свинца в нём 0,4 мг/кг.

Ответ: 0,876 г.

205. Оцените максимально допустимое поступление меди в организм человека за 25 лет, если суточное потребление моркови составляет 200 г, а ПДК меди для моркови равно 5 мг/кг.

Ответ: 9,125 г.

206. Бытует утверждение «Чтобы узнать человека следует с ним съесть пуд соли». Много это или мало? Суточная потребность взрослого человека в среднем составляет 8,0 г. Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: много.

207. В образце капусты содержание меди составляет 9,6 мг/кг. Можно ли использовать эту капусту в пищу, если ежедневное потребление её составляет 300 г, а суточная потребность взрослого человека в этом элементе 2 мг? Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: можно.

208. Содержание фосфора в семенах тыквы равно 1174 мг/100 г. На сколько процентов будет удовлетворена суточная потребность взрослого человека (1600 мг) в этом элементе, если в сутки он съедает 50 г семян?

Ответ: на 36,69%.

209. Содержание фосфора в горохе равно 369 мг/100 г. На сколько процентов будет удовлетворена суточная потребность взрослого человека (1600 мг) в этом элементе, если в дневном рационе используется 125 г гороха?

Ответ: на 28,83%.

210. Содержание калия в 100 г молока равно 127 мг. На сколько процентов будет удовлетворена суточная потребность взрослого человека в этом элементе (3 г), если в сутки он съедает 0,5 дм³ молока?

Ответ: на 21,17%.

211. Суточное потребление F⁻-ионов взрослого человека составляет приблизительно 2,5 мг. С обычной пищей поступает в организм приблизительно 0,9 мг. Вычислите объём (дм³) воды, который должен употребить человек за неделю, если ПДК (F⁻) = 1,5 мг/дм³ воды.

Ответ: 7,47 дм³.

212. Унитиол и комплексоны (трилон Б) используют как антидоты при отравлениях тяжёлыми металлами. Напишите уравнения реакций.

213. Совершенствование технологии получения хлора массой 1 т позволило уменьшить расход ртути с 45 кг до 15 кг. Сколько ртути сэкономили при производстве бертолетовой соли (KClO₃) массой 40 т по реакции $3Cl_2 + 6KOH = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$?

Ответ: 2,086 т.

214. Этот продукт является универсальным антидотом. Какие учёные впервые обнаружили это свойство и где его применяют?

215. Причиной неудачной попытки отравить Распутина в 1916 г. в доме Юсупова при добавлении цианида калия в сладкие пирожные, явилось открытие в 1915 г. немецкими химиками Рупп и Гольце реакции цианидов с глюкозой. Напишите уравнение этой реакции.

216. Допустимое суточное потребление NO₃⁻-ионов составляет 5 мг/кг массы человека. В партии картофеля содержание NO₃⁻-ионов составляет 25 мг/кг. Опасно ли ежедневное потребление 0,8 кг такого картофеля из этой партии? Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: не опасно.

217. В партии картофеля содержание свинца составляет 0,167 мг/кг. Опасно ли ежедневное потребление в пищу 1,0 кг картофеля из этой партии, если допустимая недельная доза на одного человека составляет 2,8 мг свинца? Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: не опасно.

218. Определите содержание витамина В в рисовых отрубях, если из отрубей массой 1 т получают витамин В массой 10 г.

Ответ: 0,001%.

219. Для поддержания «нормы» железа в организме применяют яблоки, содержание железа в которых равно 2,2 мг/100 г яблок. Вычислите массу яблок, которую необходимо ежедневно употреблять семье из пяти человек (суточная потребность одного человека составляет 15 мг железа).

Ответ: 3,41 кг.

220. Предельно допустимая суточная доза нитратов для человека составляет 500 мг. Содержание нитратов в ранней моркови (до 1 сентября) равно 40 мг/100 г продукта. Опасно ли ежедневное потребление 300 г моркови из этой партии? Ответ подтвердите расчётами.

Ответ: не опасно.

221. Суточная потребность одного взрослого человека составляет 15 мг железа. С обычной пищей в организм поступает приблизительно 9 мг железа. Вычислите массу яблок «антоновка», которую необходимо ежедневно употреблять одному человеку для поддержания «нормы» железа, если содержание железа в яблоках «антоновка» составляет 2,2 мг/100 г яблок.

Ответ: 272,73 г.

222. В ранних овощах (до 1 сентября) нитратов больше, чем в поздних сортах. Так, содержание NO_3^- -ионов в ранней капусте составляет 90 мг/100 г, а в поздней – 50 мг/100 г продукта. Определите массу поздней капусты, содержащей данное количество нитратов, что и в 300 г ранней капусты.

Ответ: 540 г.

223. Определите массу семян тыквы, эквивалентную по содержанию фосфора в семенах подсолнечника массой 200 г (содержание фосфора в семенах подсолнечника составляет 530 мг/100 г, в тыквенных семечках – 1174 мг/100 г).

Ответ: 90,29 г.

224. Определите массу земляники, эквивалентную по содержанию витамина С в чёрной смородине массой 0,5 кг (содержание витамина С в землянике составляет 60 мг/100 г, в чёрной смородине – 300 мг/100 г).

Ответ: 2,5 кг.

225. Определите массу красной смородины, эквивалентную по содержанию витамина С в сушеных плодах шиповника массой 2 кг (содержание витамина С в шиповнике составляет 1500 мг/100 г, в красной смородине – 30 мг/100 г).

Ответ: 100 кг.

226. Вычислите массу, которую нужно взять крапивы, чтобы в ней содержалось столько же кальция, как в чесноке массой 10 г. (содержание кальция в крапиве составляет 200 мг/100 г, в чесноке – 180 мг/100 г).

Ответ: 9 г.

227. Определите массу перца сладкого, содержащего 25,2 мг NO_3^- /100 г продукта, которую может употребить один человек, чтобы не превысить допустимую суточную норму 350 мг/чел.

Ответ: 1389 г.

228. Определите массу моркови, содержащей 150 мг NO_3^- /100 г продукта, которую может употребить семья из трёх человек, чтобы не превысить допустимую суточную норму 150 мг/чел.

Ответ: 700 г.

229. Определите массу огурцов, содержащих 45 мг NO_3^- /100 г продукта, которую может употребить один человек, чтобы не превысить допустимую суточную норму 345 мг/чел.

Ответ: 5367 г.

230. Определите массу зелёного горошка, содержащего 7,5 мг NO_3^- /100 г продукта, которую может употребить семья из двух человек, чтобы не превысить допустимую суточную норму 352 мг/чел.

Ответ: 9387 г.

ЗАДАЧИ ПОВЫШЕННОЙ СЛОЖНОСТИ

При решении задач принять следующие допущения:

- содержание кислорода во вдыхаемом воздухе – 21 об.%;
- содержание в выдыхаемом воздухе: O_2 – 0,16 об.%; CO_2 – 4 об.%;
- объём воздуха при вдохе – 0,5 дм³ ($V_{\text{вдох}}$);
- количество вдохов – 20 за минуту ($n_{\text{вдох}}$);
- радиус Земли – 6400 км (R);

- 1/3 поверхности Земли занята сушей (r_1), 1/5 поверхности суши занята лесами(r_2), 2/3 – Мировым океаном (r_3);
- население Земли – 7 млрд. человек;
- население России – 142 млн. человек;
- средний вес человека – 70 кг;
- объём потребляемой за сутки воды – $2 \dots 3 \text{ дм}^3$;
- потребление мяса в мире – $78 \dots 80 \text{ кг}$ в год;
- потребление мяса в РФ – $36 \dots 40 \text{ кг}$ в год;
- плотность льда – $0,92 \text{ г/см}^3$;
- плотность воды – $1,00 \text{ г/см}^3$;
- потребление кислорода человеком в минуту – $5,04 \text{ дм}^3 (V(\text{O}_2))$;
- плотность кислорода – $1,3 \text{ кг/м}^3 (\rho(\text{O}_2))$.

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

Пример 33. Какой вклад вносит всё человечество Земли в ежегодное поступление диоксида углерода (CO_2) в атмосферу, составляющее 7 млрд. т/год?

Решение.

1. Масса CO_2 (т), выдыхаемая одним человеком за год :

$$m_1 = V_{\text{вд}} n_{\text{вдох}} \tau C_{\text{CO}_2} \cdot 10^{-6}, \text{ т/год}\cdot\text{чел}, \quad (1)$$

где $V_{\text{вд}}$ – объём вдыхаемого воздуха, л/вдох; $V_{\text{вд}} = 0,5 \text{ л}$; $n_{\text{вдох}}$ – число вдохов в минуту, равное 20; τ – количество минут в году, мин/год, $\tau = 60 \cdot 24 \cdot 365 = 525\,600$; C_{CO_2} – концентрация CO_2 в выдыхаемом воздухе одним человеком, $C_{\text{CO}_2} = 0,04 \cdot 44 / 22,4 = 0,0786 \text{ г/дм}^3$.

Подставляя эти значения в формулу (1), получим

$$m_1 = 0,5 \cdot 20 \cdot 525\,600 \cdot 0,0786 \cdot 10^{-6} = 0,412 \text{ т/год}\cdot\text{чел}.$$

2. Всё население планеты выдыхает CO_2 за год

$$m_2 = m_1 N,$$

где m_2 – население Земли; $N = 6 \cdot 10^9$ человек; $m_2 = 0,412 \cdot 6 \cdot 10^9 = 2,472 \cdot 10^9 \text{ т/год}$.

3. Вклад человечества в ежегодное поступление CO_2 в атмосферу Земли составит

$$\frac{2,472 \cdot 10^9 \cdot 100}{7 \cdot 10^9} = 35,3\% .$$

Ответ: 35,3%.

Пример 34. На сколько лет хватит запасов лесов на планете Земля, если в среднем ежесекундно вырубается 1 га леса? Возобновление лесов составляет 10% от площади сведенных лесов. Известно, что леса занимают 20% территории суши.

Решение.

1. Найдём площадь суши, занятую лесами:

$$S_{\text{сл}} = S_3 n_1 n_2 \cdot 100 \text{ га,}$$

где S_3 – площадь поверхности Земли (площадь шара), $S_3 = 4\pi R^2$; R – радиус Земли, $R = 6400$ км; n_1 – доля поверхности Земли, занимаемая сушей; $n_1 = 1/3$; n_2 – доля поверхности суши, занятая лесами, $n_2 = 0,2$; $S_{\text{сл}} = 4 \cdot 3,14 \cdot (6400)^2 \cdot 1/3 \cdot 0,2 \cdot 100 = 3,42 \cdot 10^9$ га.

2. Находим площадь безвозвратной потери лесов за год по формуле

$$S_{\text{бл}} = ab\tau, \text{ га/год,}$$

где a – ежесекундная потеря лесов, га/с; b – доля безвозвратной потери лесов; τ – количество секунд в году, с/год. Тогда

$$S_{\text{бл}} = 1 \cdot (1 - 0,1) \cdot 360 \cdot 24 \cdot 365 = 2,83 \cdot 10^7 \text{ га/год.}$$

3. На сколько лет хватит запасов лесов на планете Земля?

$$\tau = 3 \frac{2,42 \cdot 10^9}{2,83 \cdot 10^7} = 121 \text{ год.}$$

Ответ: 121 год.

Пример 35. Содержание O_2 в атмосфере равно $1,2 \cdot 10^{15}$ т. Способность биомассы производить O_2 составляет $2,0 \cdot 10^{11}$ т/год. Количество кислорода в атмосфере, несмотря на продуктивность биомассы, уменьшается в среднем на $1 \cdot 10^{11}$ т/год. Оцените вклад населения планеты как отдельных потребителей кислорода в уменьшении его концентрации. Перечислите основные источники потребления кислорода, на что заменяется кислород в атмосфере.

Решение. Ежегодное уменьшение содержания кислорода в атмосфере равно уменьшению его содержания плюс способность биомассы его производить

$$Q = 2,0 \cdot 10^{11} + 1 \cdot 10^{11} = 3 \cdot 10^{11} \text{ т/год.}$$

Запасов кислорода в атмосфере при сохранении современного уровня его потребления хватит на

$$T = 3 \frac{1,2 \cdot 10^{15}}{3 \cdot 10^{11}} = 4000 \text{ лет.}$$

Каждый человек ежеминутно потребляет кислорода $V = 4 \cdot 20 \cdot 0,3 \cdot 0,21 = 5,04$ л/мин или $V = 5,04 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 = 2\,649\,024$ л/год $= 2,65 \cdot 10^3$ м³/год. Плотность кислорода – 1,3 кг/м³. Годовое потребление кислорода одним человеком $Q = 2,65 \cdot 10^3 \cdot 1,3 = 3,45 \cdot 10^3$ кг/год или 3,45 т/год.

Годовое потребление кислорода населением планеты

$$Q_1 = 3,45 \cdot 6 \cdot 10^9 = 3,45 \text{ млрд. т/год.}$$

Окончательный вклад человечества в потреблении кислорода равен

$$3,45 \cdot 10^9 / 3 \cdot 10^{11} = 0,069 \text{ или } 6,7\%.$$

Поглощенный в процессе техногенной деятельности кислород замещается в атмосфере, главным образом, на углекислый газ.

Ответ: 6,7%.

Пример 36. Поступление CO₂ в атмосферу равно 7 млрд. т/год, а его содержание в тропосфере $m = 711$ млрд. т. При отсутствии CO₂ в тропосфере средняя глобальная температура на планете составляла бы 255 К, в настоящее время – 288 К. По экспертным оценкам подъем средней глобальной температуры на планете на 3,6 °С может вызвать подъем уровня Мирового океана на 5 м. Мы находимся в среднем на высоте 75 м над уровнем моря. Через какой период времени мы утонем при сохранении существующей мощности выбросов CO₂?

Решение. Выброс каждого 1 млрд. т CO₂ в атмосферу вызывает повышение температуры на

$$\Delta T = \frac{288 - 255}{711} = 0,0464 \text{ (гр/Гт),}$$

поэтому при сохранении мощности эмиссии CO₂ в атмосферу на современном уровне, подъем средней глобальной температуры на 3,6 К может произойти за время

$$\tau = \frac{36}{\Delta T M} = \frac{36}{0,0464 \cdot 7} \approx 11,08.$$

Таким образом, окончательно получим, что жители России утонут при этих обстоятельствах через $11,08 \cdot 75 / 5 = 166,2$ года.

Ответ: 166,2 года.

Пример 37. Оцените средний вклад одного человека в загрязнение Мирового океана, если на 1 км² поверхности океана приходится 17 т отходов с суши. Радиус Земли равен 6,4 км, площадь Мирового океана – 2/3 от всей поверхности планеты.

Решение. Площадь Мирового океана

$$S = 2/3 \cdot 4\pi R^2 = 2/3 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 6400^2 = 3,43 \cdot 10^8 \text{ км}^2.$$

Вклад каждого человека в загрязнение океана равен

$$L = \frac{Sm}{N},$$

где m – количество отходов, приходящееся на единицу площади океана;
 N – численность населения. Тогда

$$L = \frac{3,43 \cdot 10^8 \cdot 17}{6 \cdot 10^9} = 9,72 \cdot 10^{-1} = 0,972 \text{ т/чел.}$$

Ответ: 0,972 т/чел.

Пример 38. В 1971 г. вблизи г. Пейне в Германии в выработанной шахте было захоронено 2800 т известковой суспензии, содержащей 10% мышьяка. В настоящее время 5,6% мышьяка из суспензии перешло в грунтовые воды, объём которых в районе расположения свалки составляет 3 млн. м³. Оцените степень опасности использования для питья воды из колодцев, если безопасная недельная доза для человека 0,5 мг мышьяка. При разовом поступлении 1,5...2 мг мышьяка на кг веса человека наступает смерть. Дать токсикологическую характеристику мышьяка.

Решение. Найдём массу мышьяка, содержащегося в 2800 т известковой суспензии:

$$m(\text{As}) = 2800 \cdot 0,056 = 15,68 \text{ т} = 15680 \text{ кг.}$$

Найдём массу мышьяка, содержащегося в 1 м³ грунтовых вод:

$$m(\text{As}) = 15680 / 3\ 000\ 000 = 5,227 \text{ г.}$$

Определим массу мышьяка, потребляемого человеком за сутки:

$$m(\text{As}) = (5,227 / 1000) \cdot 3 = 0,00001568 \text{ кг} = 15,68 \text{ мг.}$$

Определим массу мышьяка, потребляемого человеком за неделю:

$$m(\text{As}) = 15,68 \cdot 7 = 109,76 \text{ мг.}$$

Сравним с безопасной недельной дозой: $109,76 > 0,5$ (мг).

Определим во сколько раз: $109,76 / 0,5 = 219,52$ раз.

Оценив токсичность мышьяка, можно с уверенностью утверждать, что при попадании мышьяка в грунтовые воды, вода из колодцев стала однозначно не пригодна для питья. Недельная доза заражённой воды в 220 раз токсичней безопасной для человека. При разовом поступлении суточной нормы смерть маловероятна, однако возможно пищевое отравление. Смерть наступит при поступлении в организм 20 дм³ заражённой воды.

Ответ: вода из колодцев опасна для использования в качестве питьевой.

Пример 39. Запасы воды в ледниках и материковом льду – $35 \cdot 10^6 \text{ км}^3$, что составляет 68,7% от общих запасов пресной воды на Земле. На сколько метров повысится уровень Мирового океана, если произойдет таяние льда?

Решение. Площадь Мирового океана

$$S = 2/3 \cdot 4\pi R^2 = 2/3 \cdot 4 \cdot 3,14 \cdot 6400^2 = 3,43 \cdot 10^8 \text{ км}^2.$$

Высота, на которую повысится уровень Мирового океана

$$h = \frac{V}{S} = \frac{35 \cdot 10^6}{3,43 \cdot 10^8} = 0,102 \text{ км или } 102 \text{ м}.$$

Ответ: 102 м.

Пример 40. Оцените максимально допустимое по действующим нормам поступление свинца в организм взрослого человека за 50 лет его жизни с: а) питьевой водой; б) вдыхаемым воздухом; в) потребляемыми мясopодуктами.

Решение.

а) ПДК свинца в питьевой воде составляет $0,03 \text{ мг/дм}^3$; среднее суточное потребление воды составляет $\sim 2,5 \dots 3 \text{ дм}^3$; $3 \cdot 365 \cdot 50 = 54 \cdot 750 \text{ дм}^3$ воды; $54 \cdot 750 \text{ дм}^3 \cdot 0,03 \text{ мг/дм}^3 = 1,6 \text{ г}$ свинца поступит в организм человека за 50 лет;

б) в среднем за 1 минуту через лёгкие человека проходит 10 дм^3 ($0,5 \cdot 20$) воздуха. $10 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 50 = 262 \cdot 800 \text{ м}^3$ воздуха; ПДК свинца в воздухе составляет $0,0003 \text{ мг/м}^3$. В организм человека через лёгкие поступит $262800 \cdot 0,0003 = 78,84 \text{ мг}$ свинца;

в) по данным среднегодовое потребление мяса составляет в Российской Федерации $39 \dots 40 \text{ кг}$ в год. $40 \cdot 50 = 2000 \text{ кг}$ мяса съест человек за 50 лет. Предельное нормативное содержание свинца в мясе составляет $0,5 \text{ мг/кг}$. За 50 лет в организм человека с потребляемым мясом поступит $0,5 \cdot 2000 = 1 \text{ г}$ свинца.

Ответ: а) 1,6 г; б) 78,84 мг; в) 1 г.

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

231. Содержание O_2 в атмосфере Земли равно $1,2 \cdot 10^{15} \text{ т}$. Общее количество кислорода, несмотря на продуктивность биомассы, в среднем уменьшается со скоростью 10^{11} т/год . По оценкам, при содержании кислорода в воздухе порядка 17,5% человек начнет задыхаться. Через сколько лет это может наступить при условии постоянства убыли кислорода?

Ответ: через 2000 лет.

232. В 1991 г. перевозка нефти в бывшем СССР составила 100 млн. т; при этом, по оценкам экспертов, в воды океана попадает 0,5...1% транспортируемой нефти. Оцените вклад государства в загрязнение Мирового океана нефтепродуктами. 1 т нефти, растекаясь по поверхности водоёма, занимает площадь 10...12 км². Площадь Мирового океана составляет 2/3 площади Земного шара (радиус Земли равен 6400 км).

Ответ: 9,6%.

233. Оцените степень опасности ежедневного потребления 300 г моркови, содержащей 0,03 мг/кг бора. При обработке моркови теряется 20% бора. Ежедневная норма поступления бора в организм 10 мг/кг. Дефицит бора в организме ощущается при содержании его меньше 1 мг/кг веса человека, а при содержании больше 190 мг/кг наблюдается токсическое действие.

Ответ: дефицит бора 0,0018 мг/кг.

234. Оцените степень опасности отравления кадмием (Cd), если при выкуривании одной сигареты в организм курильщика с дымом поступает 10 мкг Cd. Заядлый курильщик выкуривает за день 35 сигарет. Предельно-допустимая среднесуточная концентрация Cd в воздухе 10 мкг/м³. Известно, что вдыхание паров и пыли, содержащей 3 мг/м³ Cd, в течение шести часов приводит к острому отравлению. Через какое время отравление может произойти у заядлого курильщика, если пренебречь процессами выведения Cd из организма? Дать токсикологическую характеристику кадмия.

Ответ: через 31 день.

235. За последние 200 млн. лет с лица Земли исчезло $9 \cdot 10^5$ видов живых организмов. В настоящее время скорость исчезновения видов за год выросла на 5 порядков. Сейчас на Земле насчитывается 1,7 млн. видов живых организмов. За какое время оно сократится на 10% при сохранении современной тенденции к исчезновению видов? С чем связано резкое повышение скорости исчезновения живых организмов, и в чём опасность уменьшения видового разнообразия живой материи?

Ответ: 37,7 10^5 лет.

236. В завезённой на склад партии картофеля содержание нитратов составляет 200 мг/кг. При варке картофеля разрушается 50% нитратов. Опасно ли ежедневное потребление в пищу 0,5 кг картофеля из этой партии, если допустимая недельная доза для человека 150 мг нитратов, а отравление наступает при разовом поступлении 300 мг. Дать токсикологическую характеристику нитратов.

Ответ: недельная доза нитратов из этой партии картофеля составляет 350 мг, что много меньше 150 мг. Опасно!

237. В настоящее время в мире на человека в среднем приходится 0,12 га пашни. Из-за нерационального использования пахотных земель ежедневно выводится из оборота 10 га пашни за счёт превращения в антропогенную пустыню. За какой срок при существующей скорости деградации пахотных земель пахотный фонд планеты уменьшится в 2 раза по сравнению с существующим? В силу каких причин происходит деградация пахотных земель?

Ответ: через 68,5 лет.

238. Селен (Se) – микроэлемент, его недостаток вызывает заболевание сердечно-сосудистой системы и способствует онкологическим заболеваниям, избыток вызывает гиперселеновый синдром (болезнь суставов). Королём селеносодержащих растений является чеснок, в 1 кг которого содержится 140 мкг Se. За сутки взрослый человек съедает 9 г чеснока. На сколько процентов удовлетворена потребность человека в селене, если суточная потребность в этом элементе составляет 0,01 мг.

Ответ: на 7%.

239. Самолёт при перелёте из Москвы до Владивостока потребляет 30...40 т кислорода. Для какого количества людей хватило бы этого кислорода, чтобы обеспечить годовую биологическую потребность? Где ещё расходуется кислород? За счёт чего идёт его восполнение?

Ответ: 80 – 107 человек.

240. Концентрация озона при фотохимическом смоге в приземном слое атмосферы достигает 8...10 мг/м³. Оценить степень опасности пребывания человека в зоне фотохимического смога, если безопасная суточная доза озона составляет 0,1...0,3 мкг/кг веса человека, а поступление в течение часа 200 мг озона вызывает кашель, головную боль, учащение пульса, боли во всём теле. Дать токсикологическую характеристику озона.

Ответ: опасно, так как безопасная суточная доза для человека равна 21 мкг, а в нашем случае за 1 мин человек вдыхает 100 мкг озона.

241. Одно взрослое дерево за сутки производит 80...100 м³ кислорода. Сколько деревьев обеспечат потребность населения Земли в кислороде за год и какую площадь займут эти деревья, если одно дерево занимает площадь 1...5 м²? Какую долю займёт эта площадь от земельного фонда планеты? За счёт чего компенсируется расход кислорода в зимнее время года?

Ответ: 0,13%.

242. В среднем за сутки на планете Земля вырубается 25 га леса. Возобновление лесов составляет 12% от площади сведённых лесов. Леса занимают 20% территории суши. На сколько лет хватит запасов лесов на планете Земля?

Ответ: 630 лет

243. Население Китая 1347374752 чел. Ежегодное поступление углекислого газа в атмосферу составляет приблизительно 7 млрд т/год. Какой вклад в это явление вносит население Китая?

Ответ: $\approx 8,24\%$.

244. Содержание O_2 в атмосфере равно $2,5 \cdot 10^{14}$ т. Способность биомассы производить O_2 составляет $4,0 \cdot 10^{10}$ т/год. Количество кислорода в атмосфере, несмотря на продуктивность биомассы, уменьшается в среднем на $2 \cdot 10^{10}$ т/год. Оцените вклад населения планеты как отдельных потребителей кислорода в уменьшении его концентрации. Перечислите основные источники потребления кислорода, на что заменяется кислород в атмосфере.

Ответ: 5,65%.

245. Оцените средний вклад ста человек в загрязнение Мирового океана, если на 10 км^2 поверхности океана приходится 18 т отходов с суши. Радиус Земли равен 6400 км, площадь Мирового океана – $2/3$ от всей поверхности планеты.

Ответ: 1,029 т/чел.

246. В подземное хранилище закачали 250 т раствора, содержащего 5% мышьяка. 3,2% мышьяка перешло в грунтовые воды объёмом 2 млн. м^3 . Оцените степень опасности использования для питья воды из колодцев, если безопасная недельная доза для человека 0,5 мг мышьяка, а при поступлении 1,5...2 мг мышьяка на 1 кг веса человека наступает смерть.

Ответ: 84 мг, вода опасна для использования.

247. В 1988 г. в водоёмы бывшего СССР было сброшено $20,5 \text{ км}^3$ сточных вод, загрязнённых выше допустимых норм, и $8,1 \text{ км}^3$ сточных вод без всякой очистки. Для разбавления 1 м^3 загрязнённых сточных вод требуется в среднем 20 м^3 природных вод, а для неочищенных сточных вод – в среднем в пять раз больше. Оцените, какая доля природных вод внутренних водоёмов была подвержена прямому антропогенному воздействию, если объём последних составляет 4700 км^3 .

248. Считается, что разлитая на поверхности воды сырая нефть ($\rho = 0,87 \text{ т/м}^3$) на 55% испаряется и биохимически разлагается за первые сутки, а оставшиеся 45% деградируют полностью за 10 лет. В среднем в Мировой океан поступает 2,3 млн. т. нефти. Оцените количество нефтепродуктов, накапливающихся в Мировом океане за год, и перечислите основные последствия.

249. Скорость роста пустыни Мира из-за нерационального природопользования достигает 10...44 га/мин. Оцените, через какой промежуток времени производство продуктов питания на планете уменьшится в

два раза, если урожайность сельскохозяйственных культур сохранится на прежнем уровне, прирост численности населения составляет 95 млн. чел/год, а площадь сельскохозяйственных угодий, включая пастбища и пашню, равна примерно 45 млн. км².

250. Основной канал поступления Sr-90 в почву – радиоактивные выпадения из атмосферы. Если его концентрацию в почве принять равной за единицу, то из-за способности концентрироваться при движении по трофическим цепям, концентрация Sr-90 в злаках составит около 27 единиц, а в мясе овец около 500 единиц. Оцените содержание Sr-90 у людей, питающихся мясом овец (в относительных единицах).

251. Оцените, превышен ли порог потребления первичной биологической продукции (обоснуйте его величину) на территории РФ, если на каждого жителя в среднем приходится 11,5 га территории со средней величиной первичной биологической продуктивности 20 т/га·год. Каждый житель РФ полностью потребляет первичную биологическую продукцию с территории 1,89 га.

252. Средняя продолжительность существования видов составляет 5–6 млн. лет. За последние 200 млн. лет исчезало примерно 900 000 видов. В настоящее время скорость исчезновения видов приблизительно на 5 порядков величины больше: за сутки исчезают 24 вида. Оцените, за какой промежуток времени видовое разнообразие на планете уменьшится на 10% при сохранении современной тенденции. Известное количество видов составляет 1,7 млн. Перечислите основные причины и следствия уменьшения видового разнообразия на планете.

253. Перечислите изменения основных характеристик экосистемы в ходе аутогенной сукцессии, а именно:

- 1) энергетика экосистемы (биомасса «В», валовая «Р», первичная и вторичная продукция, затраты на дыхание «R», соотношение Р/Р и В/Р);
- 2) круговорот биогенных веществ;
- 3) виды и структура сообщества.

254. Приток энергии на различные типы природных экосистем колеблется в пределах 10...40 тыс. ккал/м², а в индустриальные системы – в среднем в 100 раз больше. Объясните необходимость столь высокого притока энергии в индустриально-городские системы и перечислите главные последствия для экосистем.

255. Оцените концентрацию ДДТ и его метаболитов в щуке, если их суммарная концентрация в речной воде равна $5 \cdot 10^{-5}$ мг/дм³, а коэффициент аккумуляции ДДТ и его метаболитов в трофических цепях близок к 100.

256. При сбросе сточных вод в море от предприятий вблизи Стокгольма концентрация ртути в воде составляла 0,002 мг/л. При движении ртути по трофическим цепям: планктон – рачки – мелкий окунь – щуки с коэффициентом аккумуляции, равным 10, происходит накопление ртути в организме. Смертельная доза для рыб составляет 20 мг/кг. Что будет со щукой?

257. При использовании ртути в качестве фунгицидов при протравливании семян происходит концентрирование ртути по трофическим цепям: зерновые птицы (голуби) – хищные птицы (ястреб) – крупные хищные птицы (беркут). Коэффициент аккумуляции ртути для перечисленных выше организмов составляет 100. Определите концентрацию ртути в теле беркута, в относительных единицах, если условно принять её в зерне за единицу.

258. На лугу растёт клевер, энергетический эквивалент которого равен 1 млн. кДж. Какое максимально возможное количество привеса мышечной ткани (в энергетических единицах) можно ожидать у человека, употребляющего мясо телят, которые паслись на этом лугу?

259. В естественных лесах до 90% солнечной радиации поглощается листвой и затрачивается на транспирацию, а в преобразованных человеком агроэкосистемах на транспирацию затрачивается только 40% солнечной энергии. За последние 10 тыс. лет площадь лесов Мира уменьшилась в 2 раза и сейчас занимает около 25% территории суши. Оцените, во сколько раз уменьшилась *транспирация* влаги зелёными растениями к настоящему времени, как это влияет на «малый» круговорот воды и к каким последствиям это приводит.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ В ЭКОЛОГИИ

1. Экология как наука.
2. Краткая история.
3. Основные законы экологии.
4. Природные загрязнители.
5. Антропогенные загрязнители.
6. Природные ресурсы и их виды.
7. Экологические кризисы, бедствия, катастрофы (примеры).
8. Глобальные экологические проблемы.
9. Концепция устойчивого развития общества – основное направление в решении глобальных экологических проблем.
10. Виды антропогенного воздействия на биосферу. Понятие о техносфере.
11. Как реагирует биота экосистемы на антропогенное воздействие?
12. Загрязнение биосферы химическими веществами. Что происходит с химическими веществами в экологических системах?
13. Как оценивается приоритетность воздействия химических веществ в различных природных средах?
14. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, максимально-разовые, среднесуточные значения ПДК, ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ). Методы их устранения и области использования.
15. Предельно-допустимые уровни воздействия (ПДУ) физических факторов (шума, излучений различных видов). Методы оценки степени воздействия физических факторов на экологические системы.
16. Что понимают под лимитирующим показателем вредности (ЛПВ)? Как он устанавливается для различных компонентов биосферы?
17. Основные направления повышения эффективности использования сырья, материалов, энергии.
18. Экологический мониторинг. Цель и задачи экологического мониторинга. Виды мониторинга.
19. Санитарно-гигиеническое и экологическое нормирование степени антропогенного воздействия на биосферу.
20. Экологическая экспертиза.
21. Антиэкологическая политика и экстенсивное развитие экономики – причина нарастания экологической напряжённости в России.
22. Причины нарастания экологической напряжённости в России: милитаризация экономики, распад СССР.

23. Поллютанты. Их свойства.
24. Природоёмкость.
25. Основные направления в создании высоких технологий. Нанотехнологии.
26. Малоотходные и безотходные технологии. Примеры.
27. Подземное захоронение отходов.
28. Классификация природоохранных мероприятий.
29. Почему ПДК вредных веществ в равных государствах имеют различные значения?
30. На основе чего устанавливаются те или иные значения ПДК?
31. В чём сущность эффекта суммации?
32. Когда эффект суммации нужно учитывать, а когда нет?
33. Почему ПДН и ПДВ внутри одного государства могут иметь различные значения, а ПДК едины для своей территории страны?
34. Производственный экологический мониторинг.
35. Типы экологического мониторинга.
36. Экологический мониторинг на федеральном и республиканском уровнях.
37. Межгосударственный экологический мониторинг.
38. Какие металлы относят к тяжёлым? Почему очень строго следует контролировать их содержание?
39. Свинец и его соединения, токсикологическая характеристика.
40. Кадмий и его соединения, токсикологическая характеристика.
41. Мышьяк и его соединения, токсикологическая характеристика.
42. Ртуть и её соединения, токсикологическая характеристика.
43. Озон и его соединения, токсикологическая характеристика.
44. Причины резкого повышения скорости исчезновения живых организмов.
45. В чём опасность уменьшения видового разнообразия материи?

АТМОСФЕРА

46. Атмосфера. Её состав.
47. Фотосинтез.
48. Смог и фотохимический смог. Причины образования.
49. Учение В.И. Вернадского о биосфере.
50. Составные элементы и свойства биосферы.
51. Биосфера → ноосфера.
52. Круговорот биогенных элементов в биосфере. Их роль в функционировании биосферы.
53. Мониторинг как система контроля состояния биосферы.

54. Физические загрязнители атмосферы.
55. Химические загрязнители атмосферы.
56. Основные мероприятия охраны атмосферы.
57. Назначение и обоснование ширины санитарно-защитной зоны (СЗЗ).
58. Парниковый эффект.
59. Кислотные дожди.
60. Озоновый слой, причины его разрушения.
61. Основные загрязнители атмосферы в г. Тамбове и области.
62. Влияние загрязнения атмосферы на человека, растительный и животный мир?
63. Загрязнение атмосферы автотранспортом.
64. Загрязнение атмосферы летательными аппаратами (самолёты, спутники, космические корабли).
65. Виды газовых выбросов и их состав.
66. Организованный и неорганизованный выброс – что это такое?
67. Методы очистки газов от пыли.
68. Принцип действия пылеулавливающих аппаратов.
69. Газоочистные аппараты (механические, гидравлические и фильтрационные). Чем они отличаются?
70. Классификация абсорбционных методов очистки газов. На чём они основаны?
71. Суть адсорбционных методов очистки газов.
72. Основные типы абсорбентов.
73. Основные типы адсорбентов.
74. Методы контроля и приборы для измерения концентрации примесей в атмосфере.
75. Классификация выбросов в атмосферу по составу.
76. Экономический ущерб.
77. Фактический ущерб.
78. Возможный ущерб.
79. Определение ущерба от загрязнения атмосферы.
80. Методы снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

ГИДРОСФЕРА

81. Общая характеристика гидросферы.
82. Качество питьевой воды: минерализация, рН.
83. Жёсткость воды (временная, постоянная, общая).
84. Качество питьевой воды: ХПК, БПК, окисляемость.
85. Методы определения временной жёсткости воды.

86. Станции обезжелезивания воды.
87. Общая характеристика очистных сооружений г. Тамбова.
88. Механизм самоочищения воды.
89. Подземные воды Тамбовской области.
90. Методы определения общей и постоянной жёсткости воды.
91. Методы устранения временной жёсткости воды.
92. Методы устранения общей жёсткости воды.
93. Проблемы пресных вод.
94. Очистка природной (речной) воды.
95. Круговорот воды в природе.
96. Пресные воды озёр Тамбовской области.
97. На-катионитовый способ устранения жёсткости воды.
98. Единицы жёсткости воды (градусы).
99. От чего зависит электропроводность воды? Может ли она равняться нулю?
100. Какая вода считается жёсткой? Почему она не рекомендуется для отопления и стирки?
101. Водопотребление и водопользование.
102. Почему «тосол» замерзает при более низкой температуре, чем вода?
103. Зачем тротуары зимой посыпают солью?
104. Почему на автомагистралях так опасны первые капли дождя (снега)?
105. Очистка воды методом вымораживания
106. Очистка воды методом фильтрования и отстаивания.
107. Очистка воды методом дистилляции.
108. Основные направления в создании высоких технологий.
109. Почему жир на посуде легко смывается большим количеством воды?
110. Какие существуют виды сточных вод.
111. С какими видами сточных вод можно смешивать хромистые сточные воды и почему? Приведите уравнения реакций.
112. Напишите уравнения реакции реагентного метода очистки сточных вод от токсичного хрома(VI).
113. Почему обработка промышленных и бытовых сточных вод осуществляется отдельно?
114. Почему промышленные сточные воды могут не разрушаться биологическим путём?
115. Назовите наиболее встречающиеся загрязнения промышленных сточных вод.

116. В чём основное преимущество нейтрализации щелочных сточных вод углекислым газом? Приведите уравнения реакций.

117. Какие ионы, находящиеся в сточной воде: Fe^{3+} , Ni^{2+} , OH^- , Ca^{2+} , Cl^- можно нейтрализовать углекислым газом? Приведите уравнения реакций.

118. Какие реагенты можно использовать для нейтрализации кислых сточных вод? Приведите уравнения реакций.

119. Какие реагенты можно использовать для нейтрализации щелочных сточных вод? Приведите уравнения реакций.

120. Что такое БПК_{полн}, БПК₂₀, БПК₅? Для какой воды они применяются?

ЛИТОСФЕРА

121. В чём смысл выражения: «Корми – как Земля кормит, учи – как Земля учит, люби – как Земля любит».

122. Плодородие почвы.

123. Химизация сельского хозяйства.

124. Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

125. Минеральные удобрения.

126. Работы Ю. Либиха.

127. Основные загрязнители земельных ресурсов: отходы производства и твёрдые отходы.

128. Технология применения химических средств защиты растений.

129. Пестициды.

130. Радионуклиды.

131. Пути улучшения использования и охраны земельных ресурсов.

132. Эрозия почвы.

133. Леса – лёгкие планеты.

134. Воронинский заповедник. Краткая характеристика.

135. Почему при сохранении леса в заповедниках для туристов отводятся специальные тропы и места для ночлега?

136. Один человек оставляет в лесу след, сотня – тропу, тысяча – пустыню. В чём смысл поговорки?

137. Плодовые деревья и садовые культуры гибнут вблизи цементных заводов. Почему?

138. Родина колорадского жука – Северная Америка, где он жил по склонам гор и питался пасленовыми растениями. Жук был завезён в Европу во время Первой Мировой Войны и стал врагом картофеля. Почему?

139. Срубленные стволы деревьев, временно оставленные в лесу, очищают от коры. Почему?

140. Вырыв котлован и заполнив его водой, можно ли в него поселить рыб?

МЕТОДЫ АНАЛИЗА

141. Охрана окружающей среды – вызов аналитической химии.
142. Какие методы количественного анализа Вы знаете? Какие у них преимущества и недостатки?
143. Когда можно использовать весовые методы анализа? На чём основано их использование?
144. В чём сущность титриметрических методов анализа? Какие разновидности этих методов Вы знаете?
145. Для определения каких загрязнителей можно использовать электрохимические методы анализа?
146. Для определения каких загрязнителей можно использовать оптические методы анализа?
147. Для определения каких загрязнителей можно использовать хроматографические методы анализа?
148. Современные инструментальные методы анализа качества природной среды.
149. Физические методы анализа.
150. Фотоколориметрия в анализе качества питьевой воды.
151. Макроэлементы.
152. Микроэлементы.
153. Общая характеристика микро- и макроэлементов.
154. Витамины. Общая характеристика.
155. Витамин А, каротин.
156. Витамин В₁.
157. Витамин В₂.
158. Витамин В₅.
159. Витамин С.
160. Витамин D.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Номер варианта	Номера контрольных вопросов	Номера задач	Номер варианта	Номера контрольных вопросов	Номера задач
1	1, 135	167, 71, 126, 55	33	33, 100	199, 158, 90, 23
2	2, 136	168, 72, 127, 54	34	34, 101	200, 68, 152, 22
3	3, 137	169, 73, 128, 53	35	35, 102	201, 69, 151, 21
4	4, 138	170, 74, 129, 52	36	36, 103	202, 70, 150, 20
5	5, 139	171, 75, 130, 51	37	37, 104	203, 71, 149, 19
6	6, 140	172, 76, 131, 50	38	38, 105	204, 72, 148, 18
7	7, 141	173, 77, 132, 49	39	39, 106	205, 73, 147, 17
8	8, 142	174, 78, 133, 48	40	40, 107	206, 74, 146, 16
9	9, 143	175, 79, 134, 47	41	41, 108	207, 75, 145, 15
10	10, 144	176, 80, 135, 46	43	43, 110	209, 77, 143, 13
11	11, 145	177, 81, 136, 45	44	44, 111	210, 78, 142, 12
12	12, 146	178, 82, 137, 44	45	45, 112	211, 79, 141, 11
13	13, 147	179, 83, 138, 43	46	46, 113	212, 80, 140, 10
14	14, 148	180, 84, 139, 42	47	47, 114	213, 81, 139, 9
15	15, 149	181, 85, 140, 41	48	48, 115	214, 82, 138, 8
16	16, 150	182, 86, 141, 40	49	49, 116	215, 83, 137, 7
17	17, 151	183, 87, 142, 39	50	50, 117	216, 84, 136, 6
18	18, 152	184, 88, 143, 38	51	51, 118	217, 85, 135, 5
19	19, 153	185, 89, 144, 37	52	52, 119	218, 86, 134, 4
20	20, 154	186, 90, 145, 36	53	53, 120	219, 87, 133, 3
21	21, 155	187, 91, 146, 35	54	54, 121	220, 88, 132, 2
22	22, 156	188, 92, 147, 34	55	55, 122	221, 89, 131, 1
23	23, 157	189, 93, 148, 33	56	56, 123	222, 90, 130, 68
24	24, 158	190, 94, 149, 32	57	57, 124	223, 91, 129, 69
25	25, 159	191, 95, 150, 31	58	58, 125	224, 92, 128, 70
26	26, 160	192, 96, 151, 30	59	59, 126	225, 93, 127, 71
27	27, 134	193, 97, 152, 29	60	60, 127	226, 94, 126, 72
28	28, 135	194, 98, 153, 28	61	61, 7	227, 126, 68, 1
29	29, 136	195, 99, 154, 27	62	62, 8	228, 127, 69, 2
30	30, 137	196, 100, 155, 26	63	63, 9	229, 128, 70, 3
31	31, 98	197, 156, 88, 25	64	64, 10	230, 129, 71, 4
32	32, 99	198, 157, 89, 24	65	65, 11	70, 170, 130, 230

Продолжение табл.

Номер варианта	Номера контрольных вопросов	Номера задач	Номер варианта	Номера контрольных вопросов	Номера задач
66	66, 12	69, 169, 131, 229	101	101, 157	2, 134, 204, 71
67	67, 13	68, 168, 132, 228	102	102, 156	3, 133, 203, 72
68	68, 14	67, 167, 133, 227	103	103, 155	4, 132, 202, 73
69	69, 15	66, 166, 134, 226	104	104, 154	5, 131, 201, 74
70	70, 16	65, 164, 135, 225	105	105, 153	6, 130, 200, 75
71	71, 17	64, 164, 136, 224	106	106, 152	7, 129, 199, 76
72	72, 18	63, 163, 137, 223	107	107, 151	8, 128, 198, 77
73	73, 19	62, 162, 138, 222	108	108, 150	9, 127, 197, 78
74	74, 20	61, 161, 139, 221	109	109, 149	10, 126, 196, 79
75	75, 21	60, 160, 230, 99	110	110, 148	11, 125, 195, 80
76	76, 22	59, 159, 229, 100	111	111, 147	12, 124, 194, 81
77	77, 23	58, 158, 228, 101	112	112, 146	13, 123, 193, 82
78	78, 24	57, 157, 227, 102	113	113, 145	14, 122, 192, 83
79	79, 25	56, 156, 226, 103	114	114, 144	15, 121, 191, 84
80	80, 26	55, 155, 225, 104	115	115, 143	16, 120, 190, 85
81	81, 27	54, 154, 224, 105	116	116, 142	17, 119, 189, 99
82	82, 28	53, 153, 223, 106	117	117, 141	18, 118, 188, 100
83	83, 29	52, 152, 222, 107	118	118, 140	19, 117, 187, 101
84	84, 30	51, 151, 221, 108	119	119, 139	20, 116, 186, 102
85	85, 31	50, 150, 220, 109	120	120, 138	21, 115, 185, 103
86	86, 32	49, 149, 219, 110	121	121, 137	22, 114, 184, 104
87	87, 33	48, 148, 218, 111	122	122, 136	23, 113, 183, 105
88	88, 34	47, 147, 217, 112	123	123, 135	24, 112, 182, 230
89	89, 160	46, 146, 216, 113	124	124, 134	25, 111, 181, 229
90	90, 161	45, 145, 215, 114	125	125, 133	26, 110, 180, 228
91	91, 37	44, 144, 214, 115	126	126, 132	27, 109, 179, 227
92	92, 38	43, 143, 213, 116	127	127, 131	28, 108, 178, 226
93	93, 39	42, 142, 212, 117	128	128, 130	29, 107, 177, 225
94	94, 40	41, 141, 211, 118	129	129, 1	30, 106, 176, 224
95	95, 154	40, 140, 210, 119	130	130, 2	31, 105, 175, 223
96	96, 153	39, 139, 209, 120	131	131, 3	32, 104, 174, 222
97	97, 152	38, 138, 208, 121	132	132, 4	33, 103, 173, 221
98	98, 160	37, 137, 207, 68	133	133, 5	34, 102, 172, 220
99	99, 159	36, 136, 206, 69	134	134, 6	35, 101, 171, 219
100	100, 158	1, 135, 205, 70			

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все формы жизни возникли в результате естественной эволюции, и поддержание их определяется биологическими, геологическими и химическими циклами. Однако *Homo sapiens* – первый вид, способный и желающий существенно изменить природные системы поддержания жизни и стремящийся стать первенствующей эволюционной силой, действующей в своих интересах. Путём добычи, производства и сжигания природных веществ мы нарушаем поток элементов через почвы, океаны, флору, фауну и атмосферу; мы изменяем биологическое и геологическое лицо Земли; мы меняем климат всё больше и больше, всё быстрее и быстрее лишаем растительные и животные виды привычного окружения. Человечество создаёт сейчас новые элементы и соединения; новые открытия генетики и техники позволяют вызвать к жизни новые опасные агенты.

Многие изменения окружающей среды позволили создать удобные условия, способствующие увеличению продолжительности жизни. Но человечество не покорило силы природы и не пришло к их полному пониманию: многие изобретения и вмешательства в природу происходят без учёта возможных последствий. Некоторые из них уже вызвали катастрофическую отдачу. Самый верный путь избежать грозящих коварными последствиями изменений окружающей среды – ослабить изменения экосистем и вмешательство человека в природу с учётом состояния его знаний об окружающем мире.

В учебном пособии предпринята попытка систематизировать большое количество (более 300) экологических задач по всем темам курса «Химическая экология» (атмосфера, гидросфера, литосфера и экологические аспекты в ценке и прогнозировании здоровья населения) с подробным рассмотрением методов их решения с использованием знаний в области неорганической, органической, аналитической и физической химий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экология и экономика природопользования : учебник для вузов / Э.В. Гирусов, С.Н. Бобылев, А.Л. Новоселов, Н.В. Чепурных ; под ред. проф. Э.В. Гирусова, проф. В.Н. Лопатина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, Единство, 2003. – 519 с.
2. Гарин, В.М. Экология для технических вузов : учебник / В.М. Гарин, И.А. Кленова, В.И. Колесников. – Ростов н/Д. : Феникс, 2003. – 384 с.
3. Коробкин, В.И. Экология : учебник для вузов / В.И. Коробкин, Л. В. Передельский. – 11-е изд., доп. и перераб. – Ростов н/Д. : Феникс, 2006. – 608 с.
4. Остроумов, С.А. Загрязнение, самоочищение и восстановление водных экосистем : учеб. пособие / С.А. Остроумов. – М. : Изд-во МАКС-Пресс, 2005. – 100 с.
5. Хохрякова, Е.А. Водоподготовка : справочник / Е.А. Хохрякова, Я.Е. Резник ; под ред. д-ра техн. наук С.Е. Беликова. – М. : Издательский Дом «Аква-Терм», 2007. – 240 с.
6. Теории и методы физики почв : учебник / под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. – М. : Гриф и К, 2007. – 616 с.
7. Трофимов, В.Т. Экологическая геодинамика : учебник / В.Т. Трофимов, М.А. Харьковина, И.Ю. Григорьева. – М. : Изд-во КДУ, 2008. – 473 с.
8. Скальный, А.В. Микроэлементы для вашего здоровья : учебник / А.В. Скальный. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Оникс 21 Век, 2004. – 238 с.
9. Мазур, И.И. Опасные природные ресурсы : вводный курс учебника для вузов / И.И. Мазур. О.П. Иванов ; Академия гражданской защиты МЧС России – М. : Экономика, 2004. – 742 с.
10. Лебедева, М.И. Аналитическая химия : учеб. пособие для нехим. спец. / М.И. Лебедева, И.В. Якунина ; под общ. ред. М.И. Лебедевой. – Тамбов : ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 80 с.
11. Лебедева, М.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа (лекции к курсу) : учеб. пособие / М.И. Лебедева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 216 с.
12. Хотунцев, Ю.Л. Экология и экологическая безопасность : учеб. пособие для студентов / Ю.Л. Хотунцев. – 2-е изд. перераб. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 480 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Краткие методические указания к выполнению контрольных работ ...	5
1. АТМОСФЕРА	6
1.1. Понятие об ущербе атмосферы	6
<i>Решение типовых задач</i>	8
1.2. Загрязнение атмосферы	13
<i>Решение типовых задач</i>	15
Задачи для самостоятельного решения	17
2. ГИДРОСФЕРА. СТОЧНЫЕ ВОДЫ	28
<i>Решение типовых задач</i>	30
Задачи для самостоятельного решения	34
3. ЛИТОСФЕРА. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ	42
<i>Решение типовых задач</i>	44
Задачи для самостоятельного решения	46
4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В ОЦЕНКЕ И ПРОГНОЗИРОВА-	52
НИИ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА	
РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ	69
Задачи для самостоятельного решения	71
Задачи повышенной сложности	79
Решение типовых задач	80
Задачи для самостоятельного решения	84
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	90
ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	98
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	99

Учебное издание

ЛЕБЕДЕВА Мария Ивановна,
АНКУДИМОВА Ирина Александровна,
ФИЛИМОНОВА Ольга Сергеевна

ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

(ЗАДАЧИ, УПРАЖНЕНИЯ, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ)

Учебное пособие

Редактор З.Г. Чернова
Инженер по компьютерному макетированию Т.Ю. Зотова

Подписано в печать 16.05.2012
Формат 60×84 /16. 5,81 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 237

Издательско-полиграфический центр ФГБОУ ВПО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14