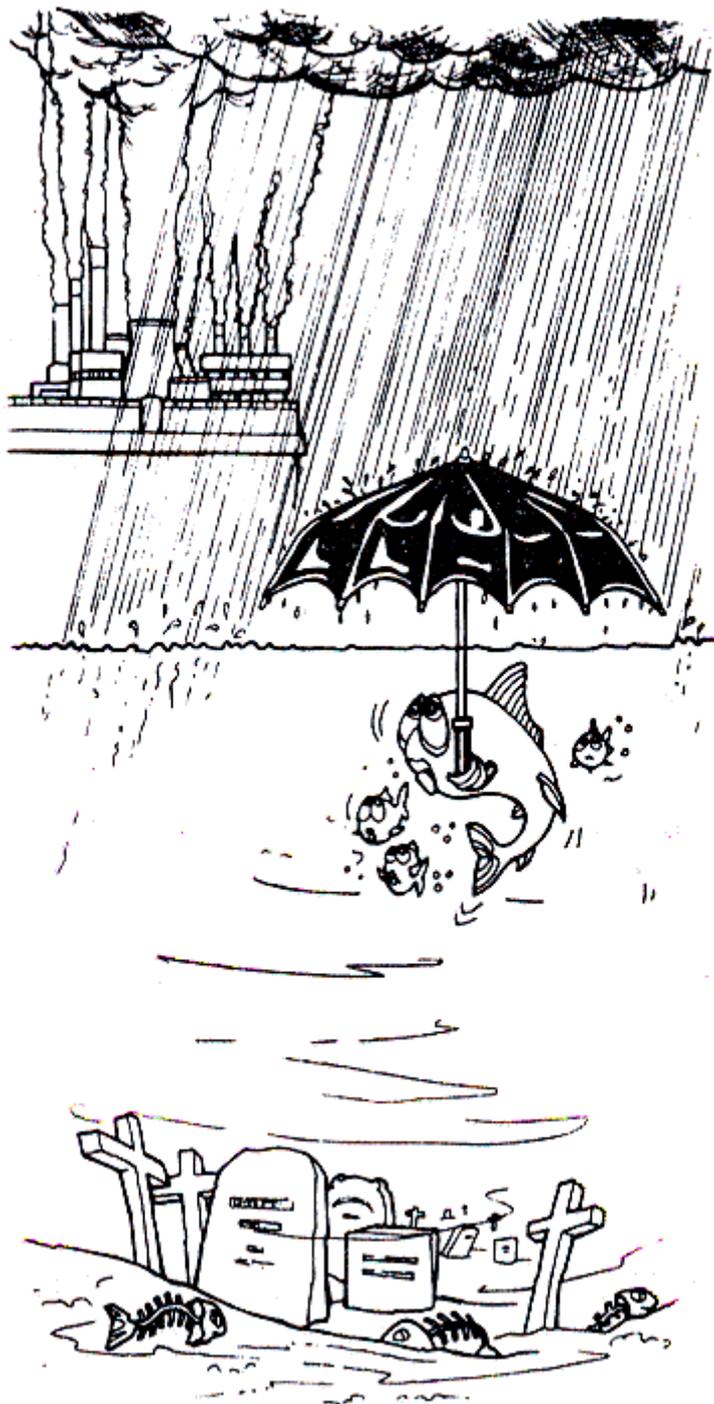


МУНИЦИПАЛЬНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №43»



Д.С. Исаев

ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие
для учащихся 10 классов
химико-биологического
профиля

ТВЕРЬ 2013

Автор-составитель:

*учитель химии высшей категории МОУ СОШ №43 г.Твери
Исаев Денис Сергеевич*

Учебное пособие «Химическая экология» содержит необходимый теоретический и практический материал для изучения спецкурса «Химические основы экологии», который предназначен для учащихся 10-го класса химико-биологического профиля образовательных учреждений.

Большое внимание в пособии уделено решению химических задач с экологическим содержанием (более 60 задач). При изучении темы «Экологические проблемы химии гидросферы» предлагается выполнить исследовательскую работу по анализу природной воды.

В приложении приведены краткая характеристика основных химических загрязнителей атмосферы, токсикология некоторых элементов и их соединений ПСХЭ Д.И. Менделеева, характеристики основных типов бытового и строительного мусора (их пути утилизации), методики определения физико-химических показателей природной воды и предельно допустимые концентрации некоторых загрязнителей воды.

Пособие «Химическая экология» представлялось на областном фестивале «Дети и экология: 21 век» (II место в номинации «Педагогическая», 2003 г.).

Рисунок для оформления обложки заимствован из книги «Химия в действии» (Фримантл М., Ч.2.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1998. - С. 63.).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Токсичность. Стандарты качества окружающей среды.....	3
Расчетные задачи к разделу «Токсичность».....	5
Экологические проблемы химии атмосферы.....	7
Состояние атмосферы.....	7
Последствия химического загрязнения атмосферы.....	8
Основные источники загрязнения атмосферы.....	12
Расчетные задачи к разделу «Экологические проблемы химии атмосферы».....	14
Экологические проблемы химии гидросферы.....	18
Баланс воды и пути его упорядочивания.....	18
Санитарные требования к качеству воды в водоемах.....	21
Основные источники загрязнения водоемов.....	21
Очистка сточных вод.....	24
Сокращение расхода воды и создание бессточных систем.....	25
Расчетные задачи к разделу «Экологические проблемы химии гидросферы».....	27
Практическая работа «Определение физико-химических показателей природной воды».....	29
Экологические проблемы химии литосферы.....	29
Роль почв в круговороте веществ, в природе и жизни человека.....	29
Основные загрязнители почв. Последствия загрязнения.....	30
Отходы производства, их переработка.....	31
Расчетные задачи к разделу «Экологические проблемы химии литосферы».....	33
Радиоактивность как загрязняющий фактор.....	34
Экология и энергетика.....	35
Понятие об экологическом мониторинге.....	36
Расчетные задачи к разделу «Мониторинг».....	38
Литература.....	39
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	40
<i>Приложение 1.</i> Токсикология элементов и их соединений.....	40
<i>Приложение 2.</i> Краткая характеристика основных загрязнителей атмосферы.....	45
<i>Приложение 3.</i> Предельно допустимые концентрации (ПДК) и нормативы на некоторые загрязняющие вещества в воде.....	49
<i>Приложение 4.</i> Определение химических показателей природной воды.....	50
<i>Приложение 5.</i> Характеристики основных типов бытового и наиболее распространенного строительного мусора.....	57

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение биосферы - одна из самых древних проблем в истории человечества. Человек издавна рассматривал окружающую среду как источник ресурсов. При этом большая часть взятых у природы ресурсов возвращается в виде отходов. Это отрицательно сказывается на состоянии атмосферы, водоемов, почв, ведет к сокращению численности животных и растений, ухудшению здоровья людей и т.д. Региональные экологические изменения все в большей мере переходят в глобальные (парниковый эффект, разрушение озонового слоя и т.п.). Все это ставит под угрозу существование как биосферы, так и самого человека.

Прежде чем определить, чем занимается экологическая химия, необходимо точно представлять области изучения двух наук, на стыке которых она возникла, - экологии и химии.

!?

Вспомнить (или найти в литературных источниках) что такое экология, и сформулировать определение химической экологии.

Часто во всем обвиняют химию. Однако, роль химии и химической технологии в природоохранных мероприятиях многогранна. Химические знания необходимы при решении таких проблем окружающей среды, как:

- ✓ мониторинг, т.е. аналитический контроль (его постановка, реализация и интерпретация данных);
- ✓ токсикология, включая оценку канцерогенной и мутагенной опасности химических веществ;
- ✓ создание мало- и безотходных производств, энерго- и ресурсосберегающих технологий;
- ✓ очистка и переработка сточных вод, отходящих и выхлопных газов и твердых отходов;
- ✓ конверсия химического и биологического оружия, ликвидация последствий радиоактивного заражения и др.

Для предотвращения негативных экологических последствий необходим высокий уровень химических знаний (в т.ч. навыки решения расчетных задач с экологическим содержанием).

ТОКСИЧНОСТЬ. СТАНДАРТЫ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Все присутствующие в биосфере химические вещества, как природные, так и привнесенные в нее человеком, в сумме составляют хемосферу.

Токсичность - свойство веществ вызывать отравление (интоксикацию) организма. Она характеризуется дозой вещества, вызывающей определенную степень отравления. При ингаляционных отравлениях доза равна произведению $C \cdot t$, где C - концентрация паров или аэрозоля (в $\text{мг}/\text{м}^3$); t - время вдыхания (в мин). При поражении другими путями (внутривенно, внутримышечно, через желудочно-кишечный тракт, кожу и пр.) доза оценивается количеством вещества в мг на 1 кг живой массы. Различают: *среднесмертельные* (летальные) дозы: а) LCt_{50} - при ингаляционном отравлении; б) LD_{50} ($ЛД_{50}$) - при других

видах воздействия; *пороговые дозы*: а) PCt_{10} - при ингаляционном отравлении; б) PD_{10} ($ПД_{10}$) - при других видах воздействия. Цифра в индексе показывает вероятность (в %) гибели организмов для смертельных доз или появления признаков отравления для пороговых. Токсичность определяют, проводя опыты на животных с применением статистических методов.

Качество окружающей среды, его соответствие требованиям нормальной жизнедеятельности человека характеризуется экологическими стандартами. К стандартам первого типа относятся экологические:

ПДК - предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ, т.е. максимальное их количество в единице объема воздуха или воды, которая при ежедневном воздействии на организм человека в течение длительного времени не вызывает патологических изменений или заболеваний, а также не нарушает нормальной жизнедеятельности;

ПДУ - предельно допустимый уровень вредного физического воздействия (шум, электромагнитные излучения и пр.).

Производственно-хозяйственными стандартами качества среды служат:

ПДВ - предельно допустимый выброс загрязняющих веществ каким-либо производством в окружающую среду (например, из одной заводской трубы в единицу времени);

ПДС - предельно допустимый сброс (то же для жидкого загрязнителя);

ПДП - предельно допустимое поступление;

ПГП - предел годового поступления и т.д.

Ниже изложены несколько обстоятельств, которые могут определять степень токсичности того или иного элемента или его соединения:

1. «Лекарство в больших дозах - яд!» - об этом еще говорил известный врач и алхимик средневековья Парацельс (1493-1541).
2. Токсичность зависит от химического состояния элемента, от формы, в которой он присутствует в живой клетке.
3. В природных условиях относительно безвредное вещество может превратиться в токсичное.
4. Многие токсичные элементы имеют определенное химическое сходство с биогенными элементами, и поэтому первые легко включаются в круговорот последних в экосистемах.
5. Токсиканты и природные яды обладают разнообразными механизмами действия на живое.
6. Для многих токсикантов следует учитывать явление биологического накопления (кумуляции) в пищевых цепях.
7. Токсичность многих соединений может проявляться внезапно при необычных условиях.
8. Степень устойчивости разных организмов к тем или иным элементам и их соединениям различна.

Токсикологию некоторых химических элементов и их соединений ПСХЭ Д.И. Менделеева см. **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ К РАЗДЕЛУ «ТОКСИЧНОСТЬ»

1. Считается, что загрязняющие вещества не оказывают вредного влияния, если их количество в воздухе не превышает некоторого предельного значения. Так, допускается содержание в 1 м^3 воздуха $0,085 \text{ мг}$ диоксида азота, $3,0 \text{ мг}$ монооксида углерода, $0,050 \text{ мг}$ диоксида серы, $0,0080 \text{ мг}$ сероводорода. Вдыхание какого количества (в моль) каждого из этих веществ в сутки неопасно для здоровья? Норма потребления воздуха для дыхания у взрослых мужчин - 10 м^3 в сутки.

Ответ: $1,8 \cdot 10^{-5}$ моль; $1,1 \cdot 10^{-3}$ моль; $7,8 \cdot 10^{-6}$ моль; $2,4 \cdot 10^{-6}$ моль

2. Каковы абсолютные массы одной молекулы аммиака NH_3 , сероводорода HCl , серной кислоты H_2SO_4 , белого фосфора P_4 ? Все перечисленные вещества очень токсичны и при попадании с воздухом в дыхательные пути вызывают сильнейшие отравления. Определить число молекул каждого вещества в 1 м^3 воздуха при содержании этих веществ, признанном неопасным, а именно: NH_3 - $0,2 \text{ мг}$, HCl - $0,05 \text{ мг}$, H_2SO_4 - $0,3 \text{ мг}$, P_4 - $0,1 \text{ мг}$.

Ответ: $2,8 \cdot 10^{-23}$ г и $7 \cdot 10^{18}$ молекул; $6,06 \cdot 10^{-23}$ г и $8 \cdot 10^{17}$ молекул; $1,6 \cdot 10^{-22}$ г и $2 \cdot 10^{18}$ молекул; $2,06 \cdot 10^{-22}$ г и $5 \cdot 10^{17}$ молекул

3. Вычислить и сравнить между собой массы $0,30$ моль монооксида азота и такого же количества диоксида азота. Предельное безопасное содержание монооксида азота составляет $0,6 \text{ мг}$, а диоксида азота - $0,085 \text{ мг}$ в 1 м^3 воздуха. Каково безопасное количество вещества (в моль) этих газов в 1 м^3 воздуха?

Ответ: $9,0 \text{ г}$; 14 г ; $2 \cdot 10^{-5}$ моль и $1,8 \cdot 10^{-6}$ моль

4. Человек начинает ощущать едкий запах диоксида серы, если в 1000 л воздуха содержится $3,0 \text{ мг}$ этого вредного газа. При вдыхании воздуха с таким содержанием SO_2 в течение пяти минут (объем легких человека равен $3,5 \text{ л}$, периодичность дыхания - 4 с) у человека начинается ларингит - воспаление слизистой оболочки гортани. Какое суммарное количество вещества диоксида серы в прошедшем через легкие воздухе приводит к этому неприятному заболеванию?

Ответ: $1,2 \cdot 10^{-5}$ моль

5. Воздух, загрязненный сероводородом, в течение пяти часов пропускали через концентрированный раствор гидроксида натрия со скоростью 10 л/с , а потом добавили к этому раствору йодную воду до ее обесцвечивания. Выпавший желтый осадок взвесили и установили, что его масса составляет $0,32 \text{ г}$. Определить количество вещества и массу сероводорода, находившегося в воздухе. Соответствует ли анализируемый воздух санитарным нормам, если предельно допустимое среднесуточное содержание сероводорода ($\text{ПДК}_{\text{СС}}$) в воздухе равно $0,0080 \text{ мг/м}^3$?

Ответ: $0,01$ моль или $0,34 \text{ г}$

6. Если двигатель легкового автомобиля работает на холостом ходу, то ежеминутно в воздух выбрасывается 80 мл (при н.у.) монооксида углерода - угарного газа, который вызывает сильные отравления. Особенно опасно длительное выделение угарного газа в закрытых помещениях, например в гаражах или боксах для ремонта машин. Рассчитать молярную концентрацию и

объемную долю монооксида углерода в воздухе гаража площадью 10 м^2 и высотой $2,5 \text{ м}$ через 10 мин после начала работы двигателя на холостом ходу. Сравнить полученные результаты с санитарной нормой - предельно допустимой концентрацией монооксида углерода в производственных помещениях (5 мг/м^3) и содержанием его в табачном дыме ($5 \cdot 10^{-5} \%$ по объёму).

Ответ: $1,4 \cdot 10^{-3} \text{ моль/м}^3$; $3,2 \cdot 10^{-3} \%$

7. Санитарные нормы содержания в воздухе вредных и опасных примесей - это их предельно допустимые среднесуточные концентрации (ПДК_{СС}). Эти значения составляют $0,085 \text{ мг/м}^3$ диоксида азота, $0,050 \text{ мг/м}^3$ диоксида серы, $0,0080 \text{ мг/м}^3$ сероводорода, $0,030 \text{ мг/м}^3$ хлора. Рассчитать объемную долю каждой вредной примеси и их молярные концентрации в воздухе.

Ответ: $1,8 \cdot 10^{-6} \text{ моль/м}^3$; $4,0 \cdot 10^{-6} \%$

8. Формальдегид применяется при изготовлении древесностружечных плит, красок, искусственного волокна, лекарственных средств, оргстекла и т.п. Он обладает сильным и резким запахом и угнетающе действует на сердечно-сосудистую и нервную системы. Запах формальдегида чувствуется при его содержании в воздухе, равном $0,2 \text{ мг/м}^3$, а санитарные нормы требуют, чтобы примесь формальдегида в воздухе не превышала $0,003 \text{ мг/м}^3$. Рассчитать молярную концентрацию формальдегида: а) при полном соответствии воздуха санитарным нормам; б) при появлении запаха формальдегида.

Ответ: $1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/м}^3$; $7 \cdot 10^{-6} \text{ моль/м}^3$

10. В результате нарушения правил хранения 150 кг ценного удобрения – нитрата аммония – растворилось в дождевой воде и было смыто ливнем в близлежащий пруд. Суммарный объем дождевой и прудовой воды считайте равным 70000 м^3 . Выживет ли рыба в этом водоеме, если токсическое содержание (массовая доля) нитрата аммония в воде равно $0,08 \%$?

Ответ: $0,21 \%$

11. На нефтеперерабатывающем заводе из-за поломки произошел аварийный сброс нефтепродуктов в ближайшее озеро. Масса сброшенных нефтепродуктов составила 500 кг . Выживут ли рыбы, обитающие в озере, если известно, что примерная масса воды в озере 10000 т . Токсическая концентрация нефтепродуктов для рыб составляет $0,05 \text{ мг/л}$.

Ответ: 50 мг/л , что $> 0,05 \text{ мг/л}$

12. В сточных водах химико-фармацевтического комбината был обнаружен хлорид ртути (II) концентрация которого составила 5 мг/л . Для их очистки решили применить метод осаждения и в качестве осадителя использовали сульфид натрия массой 420 г . Будут ли достаточно очищены сточные воды, чтобы допустить их сброс в соседний водоем, содержащий 10000 м^3 воды? ПДК(HgCl_2)= $0,0001 \text{ мг/л}$. Объем сточных вод 300 м^3 .

Ответ: $0,127 \text{ мг/л}$, что $> \text{ПДК}$

13. Выживут ли караси в озере объемом 500000 м^3 , в воду которого попало 100 м^3 сточных вод сернокислотного завода, содержащих 1600 кг оксида серы (VI)? Токсическая концентрация серной кислоты для карасей равна 138 мг/л .

Ответ: $3,92 \text{ мг/л}$, что $< \text{токсической концентрации}$

14. В результате вулканической деятельности образовалась смесь газов объемом 2000 м^3 (н.у.), в которой объемная доля сероводорода составила 0,15. Сероводород полностью растворился в соседнем водоеме, объем воды в котором $5 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Можно ли использовать воду из данного источника в хозяйственно-питьевых целях, если $\text{ПДК}(\text{H}_2\text{S})=0,05 \text{ мг/л}$?

Ответ: 0,091 мг/л, что > ПДК

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ АТМОСФЕРЫ

СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРЫ

Атмосфера – внешняя газовая оболочка биосферы. Ее масса составляет примерно одну миллионную часть массы Земли ($5,98 \cdot 10^{21} \text{ т}$). Однако, роль атмосферы огромна. Она определяет общий тепловой режим поверхности нашей планеты, защищает ее от космического излучения и ультрафиолетового излучения Солнца и др.

В состав атмосферы (по объему) входят: азот – 78,09%, кислород – 20,95%, аргон – 0,93%, неон - 0,00018%, а также углекислый газ (0,03%), другие газы, пары воды. Азот, кислород и инертные газы относятся к постоянным компонентам воздуха, углекислый газ и пары воды – к его переменным компонентам, поскольку содержание последних может сильно меняться в зависимости от условий. Кроме того, различают случайные составляющие воздуха. Это могут быть:

1. Природные выделения:

- ❖ пыль, образующаяся при эрозии почв, а также растительного, вулканического или космического происхождения;
- ❖ туман, частицы морской соли, вулканические газы, дым (газ от лесных и степных пожаров);
- ❖ различные продукты растительного, животного или микробиологического происхождения;

2. Загрязняющие вещества (ЗВ) антропогенного происхождения:

- ❖ твердые вещества (пыль, сажа, копоть и т. п.);
- ❖ оксиды серы (SO_2 , SO_3), углерода (CO , CO_2), азота (NO , NO_2);
- ❖ различные углеводороды и т. д.

Естественные источники загрязнения, связанные с различными катаклизмами (извержениями вулканов, землетрясений и т. п.), нередко уступают мощности антропогенных выбросов. Так, природные источники выбрасывают 30 млн. т оксида серы (IV), антропогенные – 150 млн. т оксида серы (IV).

Вместе с тем воздушный океан обладает способностью к самоочищению от ЗВ (в определенных границах). Крупные и мелкие аэрозольные частицы выпадают на земную поверхность самостоятельно (под действием силы тяжести) или с дождевыми каплями. В атмосфере протекают химические реакции с участием загрязнителей и т. д. Естественно, что защитные ресурсы природы не безграничны. Поэтому большие объемы вредных выбросов влекут

за собой неблагоприятные экологические последствия, т.к. при их повышении не будет происходить полного рассеивания и разложения примесей.

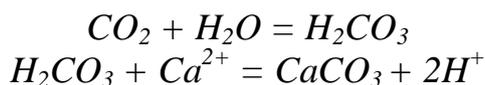
ПОСЛЕДСТВИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

!?	<i>Составить по одной химической задаче с экологическим содержанием, используя информацию о парниковом эффекте, кислотных дождях, разрушении озонового слоя, смоге.</i>
----	---

Парниковый эффект. Наблюдения показывают, что содержание углекислого газа в атмосфере (вследствие сжигания топлива, вырубки лесов и др.) неуклонно растет. Уплотненный слой CO_2 , подобно стеклу (или пленке) в оранжерее (теплице), свободно пропускает лучистую энергию Солнца к земной поверхности, но задерживает инфракрасное (тепловое) излучение Земли в космос и тем самым создает так называемый парниковый (тепличный) эффект.

Это грозит глобальным изменением климата на планете. Как следствие всеобщего потепления (повышения температуры) может быть таяние щитовых ледников, повышение уровня Мирового океана, всемирный потоп на равнинах и т.п. Парниковый эффект (в меньшем масштабе) изменит такие критически важные параметры, как количество осадков, испарение с поверхности океана, влагоперенос, ветер, слой облаков и др. В частности, усиление испарения приводит к тому, что почва станет суше на обширных территориях.

Концентрация углекислого газа в атмосфере растет примерно в четыре раза медленнее, чем это следует из расчета по количеству сжигаемого топлива. Значительная часть углекислого газа поглощается из атмосферы океаном и откладывается в виде карбонатов:



Содержание углекислого газа в океане (по массе) почти в 100 раз больше, чем в атмосфере, но диффузия его в глубинные слои – процесс медленный (что лимитирует газообмен). Другой путь – потребление углекислого газа фотосинтезирующими организмами с образованием биомассы.

Влияние человека на природу многогранно; его деятельность может дать противоположный результат (действию CO_2). Например, запыление атмосферы создает экран для солнечной радиации, следовательно, способствует похолоданию (см. рис. 1).

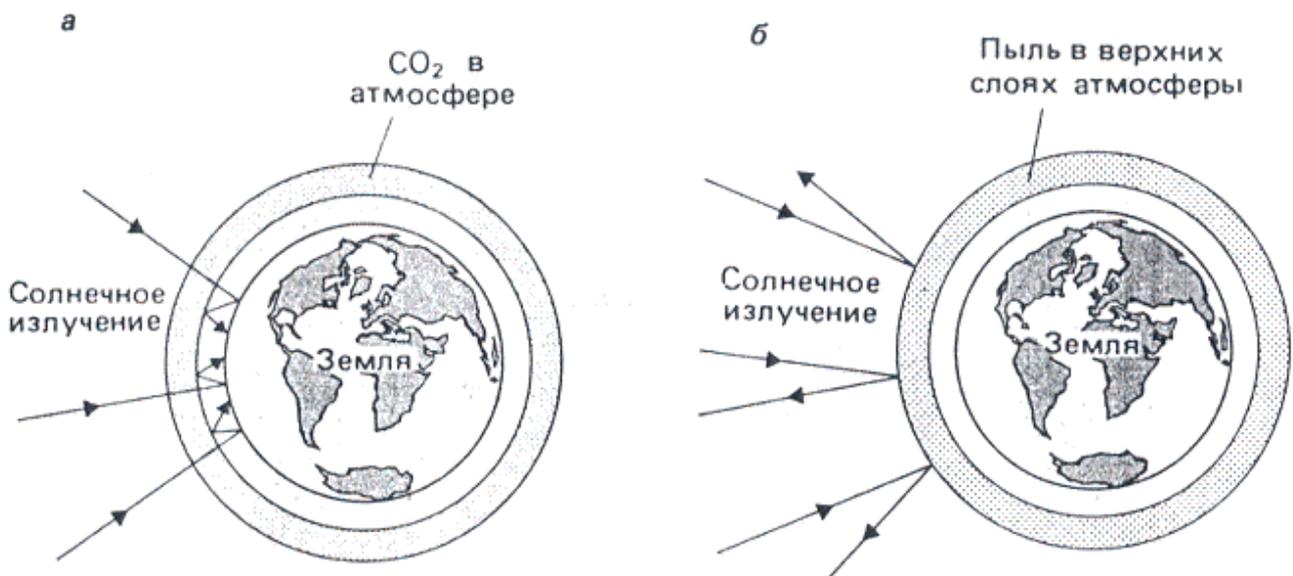
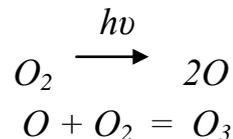


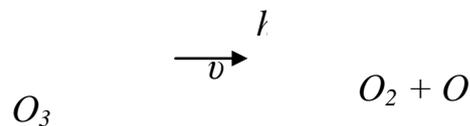
Рис. 1. Влияние загрязнения атмосферы продуктами сгорания горючих ископаемых на изменение теплового баланса Земли (а – парниковый эффект – захват тепловой энергии в атмосфере Земли из-за повышенного содержания в ней углекислого газа, способствующий потеплению климата; б – отражение солнечного излучения частицами пыли, попадающими в верхнюю атмосферу Земли, способствующий похолоданию климата)

Разрушение озонового слоя. Важнейшей (хотя и малой) частью земной атмосферы, защищающей все живое на Земле от жесткого ультрафиолетового солнечного излучения, является озоносфера (основная масса O_3 расположена на высотах 10 – 50 км с максимумом концентрации на 20 – 25 км).

Образование атмосферного озона связано с расщеплением молекул O_2 (или отщеплением атомов O от молекул, содержащих кислород) под влиянием коротковолнового излучения ($\lambda < 2400 \text{ \AA}$):

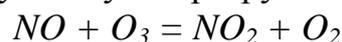


Одновременно при действии радиации (с $\lambda_{\max} = 2550 \text{ \AA}$) происходит распад молекул озона:



Значит, при образовании и разрушении молекул озона поглощается ультрафиолетовое излучение. Однако озон не только задерживает вредное для жизни избыточное солнечное излучение, но и (как CO_2 , особенно пары воды) поглощает тепловое излучение поверхности Земли, препятствуя ее охлаждению.

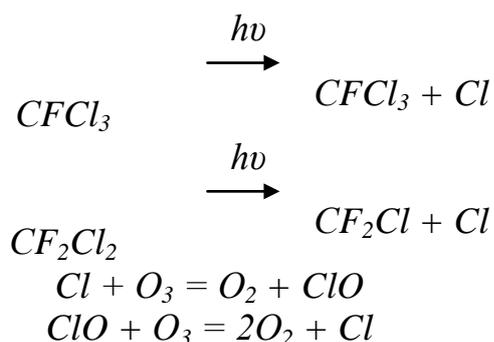
Реакции образования и распада озона приводят к равновесию (постоянству концентрации озона). Оно хрупко. Активную роль в образовании и разрушении озона играют окислы азота и тяжелых металлов (медь, железо, марганец), хлор, фтор, бром. Так, окись азота участвует в разрушении озонового слоя по схеме



Большую угрозу озоновому слою Земли несут насыщенные фторхлоруглеводороды (иногда с атомами Br), известные как фреоны (хладоны), например, $CFCl_3$ (фреон – 12), CF_2Cl_2 (фреон – 22), CF_3Br (фреон – 13B1), $CFCl_2 - CFCl_2$ (фреон – 112) и т. п.

В условном обозначении фреонов последняя цифра означает число атомов F , предпоследняя – число атомов H , увеличенное на единицу, третья (от конца) – число атомов C , уменьшенное на единицу. У бромфреонов ставится буква Br с цифрой, указывающей наличие атомов Br .

Фреоны применяются как рабочие тела (хладоносители) в холодильных установках, пропелленты для аэрозолей, компоненты огнетушащих составов и др. Почти 95 % этих веществ попадает в атмосферу. Являясь инертными в нижних слоях атмосферы, они быстро разрушаются в стратосфере, содействуя распаду озона



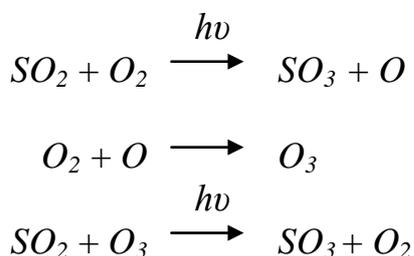
Наблюдения (с помощью искусственных спутников Земли) показывают, что озоновый слой над Антарктикой (и в ряде других регионов нашей планеты) разрушен. Причиной образования озоновой дыры (несомненно влияющей на климат и погоду земного шара) вероятнее всего является выброс в атмосферу химических веществ.

В 1985 г. была подписана Венская конвенция, а в 1987 г. – Монреальское межправительственное соглашение по охране озонового слоя Земли. Предусматриваются ограничения на производство фреонов, азотных удобрений, бромсодержащих веществ. В ряде стран ведутся поиски новых соединений с целью замены веществ, признанных опасными для озонового слоя.

Кислотные дожди. Одним из основных загрязнителей атмосферы является сернистый газ (SO_2). Продолжительность пребывания его в атмосфере не очень велика (около 15 – 20 суток). Он окисляется кислородом воздуха до SO_3 :



Сернистый ангидрид участвует также в фотохимических процессах, идущих в атмосфере:

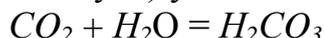


В присутствии воды SO_2 и SO_3 дают кислоты (сернистую и серную)

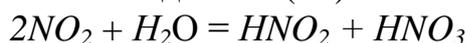


которые превращают выпадающие дожди в кислые (растворы кислот). Таким образом, оксид серы (IV) является причиной образования кислотных дождей.

Дождевая вода, возникающая при конденсации водяного пара, должна иметь нейтральную реакцию ($pH = 7$). В действительности она слегка подкисляется (до $pH = 5,6 - 5,7$) уже при взаимодействии с всегда присутствующим (даже в чистом воздухе) углекислым газом:



Свой весомый вклад вносит оксид азота (IV)



Диоксиды серы и азота делают дожди заметно кислыми.

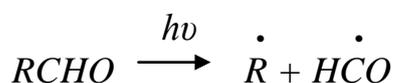
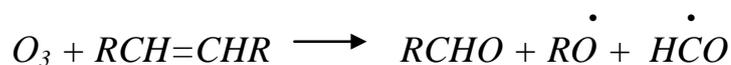
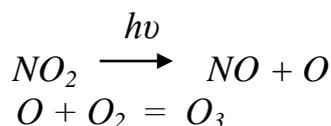
От кислотных дождей страдает растительный и животный мир. Леса высыхают, развивается суховершинность. У хвойных деревьев желтеет и отпадает хвоя, у лиственных изменяется окраска листьев, повреждается кора. Подвержены неблагоприятному воздействию сельскохозяйственные культуры (особенно листья томатов, сои, фасоли, табака и др.) и декоративные растения. В реках и озерах гибнут моллюски, ракообразные, рыбы. Косвенно страдает и здоровье людей.

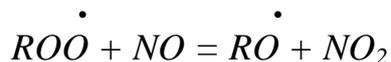
Кислота разрушает сооружения из мрамора и известняка, что грозит утратой многих исторических памятников искусства.

Смог. Опасные последствия вызывает смог (как следствие загрязнения воздуха определенными химическими веществами).

Лондонский смог – это смесь тумана и дыма, главным компонентом которого является оксид серы (IV), попадающий в атмосферу города при сжигании (для отопления жилья) битумных углей. После трагического смога 1952 г. в Лондоне (этот смог вызвал гибель 4700 человек) английский парламент принял закон, предусматривающий создание местными властями контрольных (или «бездымных») зон, что дало положительные результаты.

Не менее коварен фотохимический туман (смог лос-анжелесского типа), возникающий при действии солнечной радиации на газовые выбросы (преимущественно автотранспортом). В сложной смеси углеводородов и оксидов азота автомобильных выбросов протекают фотохимические превращения (см. рис. 2):





и т.п. В результате образуются различные продукты (свободные радикалы, альдегиды, перекиси и др.), значительно превышающие по своей токсичности исходные загрязнители. Так, в фотохимическом смоге обнаружен пероксиацетилнитрат (ПАН) ($CH_3-C(O)-O-O-NO_2$), который является сильным лакриматором (он раздражает слизистую оболочку глаз). При этом смоге отмечаются симптомы удушья, обостряются легочные и другие заболевания. Повреждает смог и растения (за что ответственен в основном ПАН), вызывает коррозию и т.д.

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Количество SO_2 , ежегодно загрязняющее атмосферу Земли, оценивается в 140 – 160 млн т, причем около 70 % его выбрасывают с дымовыми газами топливно-энергетические установки (при сжигании сернистых углей и мазутов), 15% - предприятия химической и газонефтеперерабатывающей промышленности.

Количество антропогенных выбросов оксидов азота (в пересчете на NO_2) составляет примерно 60 млн т ежегодно, причем 95% выбросов дает энергетика с транспортом и менее 5% приходится на долю химической промышленности.

К основным источникам загрязнения атмосферы относятся предприятия топливно-энергетического комплекса, а также черной и цветной металлургии, автотранспорт и т. д.

Тепловые станции выбрасывают в атмосферу не только CO_2 , но и также CO (угарный газ), диоксид серы и оксиды азота, различные углеводороды, частицы топлива и др.

Доменный и мартеновский процессы, обжиг сульфидных руд цветных металлов сопровождаются выбросами в атмосферу громадного количества пыли (в ее состав входят оксиды железа и никеля, кремния (SiO_2), марганца (MnO_2), ванадия (V_2O_5)), оксид серы (IV), оксид углерода (II) и др. Алюминиевая промышленность загрязняет воздух фтористыми соединениями.

Весьма значительный вклад в загрязнение атмосферы вносит автомобильный транспорт. В выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания (ДВС) содержатся окись углерода, окислы азота, углеводороды, альдегиды, сажа и пр. К этому надо добавить канцерогенные вещества (такие, как бенз(а)пирен), а также соединения свинца (оседающие вдоль дорог) вследствие использования этилированного бензина.

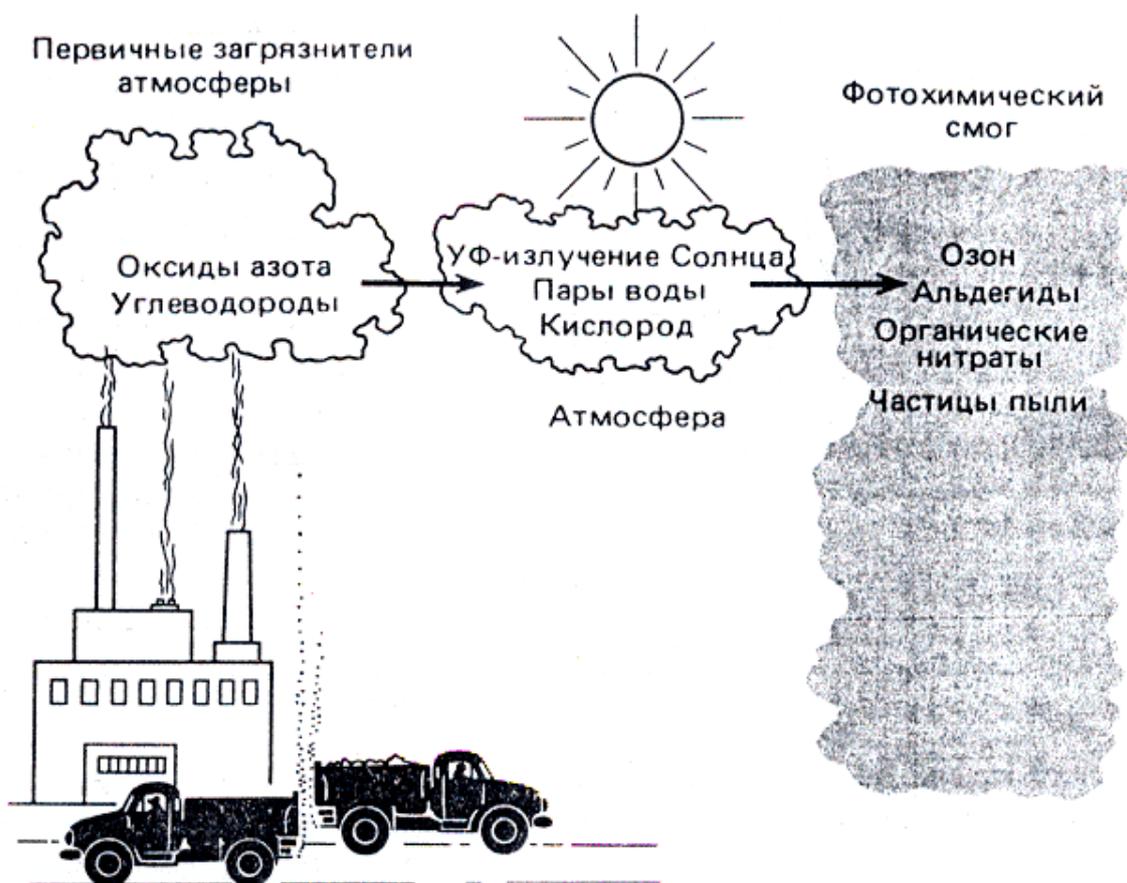
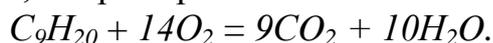
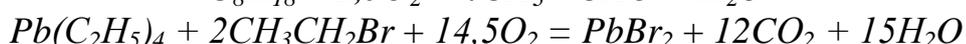
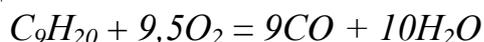


Рис. 2. Образование фотохимического смога

В идеальном случае при сжигании топлива должны получаться только углекислый газ и пары воды, например:



Однако из-за неполного сгорания (и разного рода добавок) образуются различные химические вещества:



и т.п.

Выбросы машиностроительных заводов, помимо основных загрязнителей (CO_2 , SO_2 , NO_2 , C_nH_m , пыль), часто содержат различные вредные вещества, связанные со спецификой производства. Например, вентиляционный воздух гальванических ванн богат HCl , H_2SO_4 , Cr_2O_3 , NO_2 , $NaOH$ и пр. При сварке и резке металлов в воздух попадают газы, химический состав которых зависит от природы свариваемых материалов (обычно это соединения хрома, никеля, марганца и др.).

В угольной промышленности источниками загрязнения атмосферы могут быть отвалы пустой породы, внутри которых (вследствие самовозгорания) нередко в течение долгого времени идет горение угля и пирита, сопровождаемые выделением CO , SO_2 и др.

При добыче, хранении, транспортировке и переработке нефти теряется (в воздух) огромное количество углеводородов.

При производстве стройматериалов и цемента выбросы состоят в основном из пыли (цементная промышленность является «поставщиком» тончайшей пыли).

Выбросы химической промышленности весьма разнообразны и очень агрессивны (хотя и составляют всего 1,3 % всех промышленных выбросов). Так, при производстве фосфорных удобрений, алюминия, керамических и других материалов в атмосферу попадают соединения фтора (HF , SiF_4 , NaF , F_2 и т. п.). Газообразные Cl_2 и HCl попадают в атмосферу при электролитическом получении хлора, производстве калийных удобрений и т.д. Немалую долю в загрязнении атмосферы вносит смесь оксидов азота (нитрозные газы), которые образуются при получении азотной кислоты, производстве азотных удобрений, нитровании органических соединений и т.п.

Немало используется в химических и нефтехимических производствах горючих и взрывоопасных веществ.

Краткая характеристика основных химических загрязнителей атмосферы приведена в **ПРИЛОЖЕНИИ 2**.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ К РАЗДЕЛУ «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ АТМОСФЕРЫ»

15. В стратосфере на высоте 20-30 км находится слой озона O_3 , защищающий Землю от мощного ультрафиолетового излучения Солнца. Если бы не озоновый экран атмосферы, то излучение, обладающее большой энергией, достигало бы поверхности Земли и уничтожало на ней все живое. Подсчитано, что в среднем на каждого жителя Москвы в воздушном пространстве над городом (вплоть до верхней границы стратосферы) приходится по 150 моль озона. Сколько молекул и какая масса озона приходится в среднем на одного москвича?

Ответ: 7,2 кг или $9,03 \cdot 10^{25}$ молекул

16. Взаимодействие озона, образующегося при грозе в горной местности, со льдом, приводит к выделению небольшого количества соединения водорода и кислорода. Какова формула этого соединения, если абсолютная масса его молекул равна $5,65 \cdot 10^{-23}$ г?

Ответ: H_2O_2

17. Круговорот азота в природе включает биологическую фиксацию этого элемента клубеньковыми бактериями и процессы его окисления при атмосферных электрических разрядах. Во время грозы в воздухе образуется некоторое количество оксида азота неизвестного состава. Установлено, что абсолютная масса одной молекулы этого оксида составляет $4,99 \cdot 10^{-23}$ г. Определить формулу этого вещества.

Ответ: NO

18. Растения суши и Мирового океана ежегодно выделяют при фотосинтезе 320 млрд тонн газообразного кислорода, с избытком восполняя расход этого газа в промышленности, энергетике и на транспорте. Сколько молекул кислорода ежегодно выделяет земная растительность?

Ответ: $6 \cdot 10^{39}$

19. Монооксид углерода (угарный газ) - опасный загрязнитель атмосферы. Соединяясь с гемоглобином крови, он препятствует переносу кислорода, вызывает болезни сердечно-сосудистой системы, снижает активность работы мозга. Из-за неполного сжигания природного топлива ежегодно на Земле образуется $5 \cdot 10^8$ т этого вещества. Определить, какой объём (при н.у.) займет угарный газ, образующийся на Земле по этой причине.

Ответ: 400 км³

20. Воздух, которым мы дышим, - смесь газов. Один из них обеспечивает жизнедеятельность человека. Рассчитать объём, который занимает (при н.у.) порция этого газа, если в ней содержится $2,7 \cdot 10^{22}$ молекул. Какой это газ?

Ответ: 1 л

21. В процессе фотосинтеза зеленые растения усваивают из воздуха газообразный оксид углерода, относительная плотность которого по водороду равна 22. Какова формула этого оксида углерода?

Ответ: CO₂

22. При производстве серы автоклавным методом неизбежно выделяется около 3 кг сероводорода на каждую тонну получаемой серы. Сероводород - чрезвычайно ядовитый газ, вызывающий головокружение, тошноту и рвоту, а при вдыхании в большом количестве - поражение мышцы сердца и судороги, вплоть до смертельного исхода. Какой объём сероводорода (при н.у.) необходимо поглотить в системах газоочистки при получении 125 т серы на химзаводе? Ответ дать с точностью до двух значащих цифр.

Ответ: 250 м³

23. Природный газ метан CH_4 не имеет запаха. Чтобы легче обнаруживать его утечку из бытовых нагревательных приборов и газопроводов, к нему добавляют немного фосфина PH_3 запах которого ("запах газа") ощущается, если в 10 м³ природного газа находится всего 0,01 мл фосфина. Рассчитать число молекул фосфина в 0,01 мл этого газа при нормальных условиях.

Ответ: $3 \cdot 10^{17}$

24. Хлор - весьма ядовитый газ. Достаточно сказать, что это был первый газ, примененный как боевое отравляющее вещество во время первой мировой войны. В каком объёме газообразного хлора Cl_2 (при н.у.) число молекул равно $1,05 \cdot 10^{25}$? Какова масса этого количества хлора?

Ответ: 390 л; 1,2 кг

25. Если принять, что атмосферный воздух содержит только два газа - азот и кислород, то масса 100 л воздуха (при н.у.) окажется равной 129,5 г. Определить количество вещества и массу кислорода и азота в 100 л воздуха. Ответ дать с точностью до трех значащих цифр.

Ответ: 1,12 моль (36 г); 3,34 моль (93,5 г)

26. При сжигании дров в топке с неисправной вытяжной трубой образуется смесь очень ядовитого монооксида углерода и менее вредного диоксида углерода. Масса 100 л (при н.у.) этой газовой смеси равна 181,2 г. Определить объём каждого газа в смеси.

Ответ: 21 л; 79 л

27. Газообразные выбросы животноводческих ферм содержат соединение азота, относительная плотность которого по водороду равна 8,5. Определить его формулу.

Ответ: аммиак

28. Белый фосфор - желтоватое воскообразное вещество. Он светится в темноте и очень ядовит, поэтому его применение как светящегося состава, упомянутое в повести "Собака Баскервилей", - это скорее всего вымысел Артура Конана Дойла, автора рассказов о приключениях знаменитого сыщика Шерлока Холмса. Определить состав молекулы белого фосфора, если плотность его пара по воздуху равна 4,28.

Ответ: P₄

29. В 1000 л атмосферного воздуха помимо азота и кислорода находится 2,01 л (при н. у.) диоксида углерода. Определить количество и массу этого вещества в классной комнате, имеющей размеры 8 x 15 x 4 м.

Ответ: 43,1 моль; 1,90 кг

30. Электрическое получение алюминия относится к числу весьма вредных в экологическом отношении, поскольку при электролизе выделяется чрезвычайно опасный газ фтор (40 кг на 1 т алюминия). Только 35 % выделяющегося фтора удается улавливать в воздухоочистных установках, а остальное его количество рассеивается в окружающей среде. Рассчитать минимальную площадь лесонасаждений вокруг небольшого цеха производительностью 100 т алюминия в год с учетом того, что растительностью, расположенной на одном гектаре лесопарка, поглощается в год 40 кг фтора.

Ответ: 64 га

31. Для очистки газовых выбросов от диоксида азота применяется карбонат натрия. При взаимодействии этих веществ образуются нитрат натрия $NaNO_3$, нитрит натрия $NaNO_2$ и углекислый газ. Рассчитать массу карбоната натрия, который обезвреживает выбросы, содержащие 5 л диоксида азота (при н.у.). Ответ привести с точностью до целых.

Ответ: 12 г

32. Органические вещества в растениях образуются из углекислого газа, присутствующего в воздухе, и воды, поступающей из почвы. В зеленых листьях растений эти неорганические вещества превращаются в органическое вещество глюкозу $C_6H_{12}O_6$. Этот процесс сопровождается выделением кислорода. Рассчитать, какой объем кислорода (при н.у.) выделяют в атмосферу зеленые растения при образовании 1000 г глюкозы.

Ответ: 747 л

33. При сжигании органического топлива в атмосферу ежегодно попадает 12 млн тонн оксида азота (II). Определить массу азотной кислоты, которую можно было бы получить из этого количества оксида азота (II) при условии, что практический выход кислоты составит 80 % от теоретически возможного.

Ответ: 20 млн. тонн

34. Атмосферные загрязнения, например фторированные и хлорированные углеводороды - фреоны (CCl_3F , CCl_2F_2 , $CClF_3$), разрушают защитный озоновый слой Земли. Фреоны химически стабильны в нижних слоях атмосферы, но в

стратосфере под действием ультрафиолетового излучения Солнца разлагаются, выделяя атомарный хлор, который и взаимодействует с озоном. Рассчитать скорость такой реакции с образованием кислорода и монооксида хлора, если через 15 с после начала реакции молярная концентрация озона была 0,30 моль/л, а через 35 с (от начала реакции) стала равна 0,15 моль/л.

Ответ: 0,0075 моль/л·с

35. Атмосферные загрязнения разрушают защитный озоновый слой Земли. В реакциях разложения озона участвуют многие газы, и прежде всего оксиды азота. Взаимодействие монооксида азота с озоном приводит к образованию кислорода и диоксида азота. Рассчитать скорость этой реакции, если через 25 с после начала реакции молярная концентрация озона была 0,8 моль/л, а через 55 с (от начала реакции) стала равна 0,02 моль/л.

Ответ: 0,03 моль/л·с

36. На большой высоте солнечное излучение вызывает диссоциацию молекул кислорода на атомы. Столкновение атомов кислорода и молекул кислорода приводит к образованию озона, слой которого защищает Землю от коротковолнового излучения Солнца, смертельно опасного для живых организмов. Определить скорость этой реакции, если через 1 мин после ее начала концентрация озона была равна 0,024 моль/л, а через 2 мин после начала - 0,064 моль/л.

Ответ: $6,7 \cdot 10^{-4}$ моль/л·с

37. Причиной появления опасного для здоровья тумана - смога - считают образование большого количества выхлопных газов автомобилей при высокой влажности воздуха. В смоге присутствует ядовитый диоксид азота, который получается при реакции монооксида азота с атомарным кислородом. Рассчитать скорость этой реакции, если через 5 мин после начала наблюдений концентрация диоксида азота была равна 0,05 моль/л, а через 20 мин - 0,08 моль/л.

Ответ: $3 \cdot 10^{-5}$ моль/л·с

38. При сжигании различного топлива (бензин, керосин, нефть, уголь) в атмосферу выделяется огромное количество диоксидов серы и азота. Это одна из причин выпадения кислотных дождей: взаимодействуя с кислородом воздуха и атмосферной влагой, данные оксиды превращаются в серную и азотную кислоты. Определить значение рН природной воды, загрязненной газовыми выбросами химзавода, содержащими 10 кг диоксида азота и 20 кг диоксида серы. Объем воды, в которой растворятся полученные азотная и серная кислоты, принять равным 10000 м³.

Ответ: 4,1

39. В 1974 г. в Шотландии зафиксирован европейский "рекорд" по значению кислотности атмосферных осадков: водородный показатель дождевой воды оказался равен 2,4. Рассчитать концентрацию катионов H^+ в шотландском кислотном дожде.

Ответ: $4 \cdot 10^{-3}$ моль/л

40. Кислотные дожди разрушают памятники культуры. Сравнительно прочный мрамор реагирует с раствором серной кислоты и превращается в гипс

($CaSO_4 \cdot 2H_2O$). Смена температур, потоки дождя и ветер быстро разрушают этот мягкий материал. Оценить объем дождевой воды, содержащей серную кислоту ($pH=4$), при контакте с которой слой мрамора толщиной 1 мм и площадью 10 м^2 превращается в гипс. Плотность мрамора $2,8 \text{ г/см}^3$; степени диссоциации серной кислоты как по первой, так и по второй ступени 100%.

Ответ: $5,6 \cdot 10^6 \text{ л}$

41. На высотах до 50 км ракета-носитель, поднимающая «Шаттл» (многоэтажный корабль США), выбрасывает около 150 т хлора, образующегося при горении твердого топлива. Полагают, что одна молекула хлора способна уничтожить до 100000 молекул озона. Оценить: а) массу озона, уничтожаемого при запуске космического челнока; б) потери озона, выраженные в процентах от массы ($3 \cdot 10^9 \text{ т}$) озонового слоя; в) достоверность полученных значений.

Ответ: 10,1 млн. т; 0,34%

42. Тетраэтилсвинец - важнейший антидетонатор для двигателей внутреннего сгорания. По имеющимся данным, в ФРГ в 1969 г в двигателях грузовых машин было сожжено около 15 млн. тонн этилированного бензина. Рассчитать массу выброшенного в атмосферу оксида свинца (II), если молярная концентрация антидетонатора в бензине составляет $2 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$, а плотность бензина равна 750 г/л .

Ответ: 8920 т

43. На гидролизном заводе за сутки из древесных опилок получено 50 т 96% этилового спирта. Вычислить объем выделившегося углекислого газа в атмосферу. К чему может привести повышенное содержание CO_2 в воздухе?

Ответ: 23373 м^3

44. Угарный газ не задерживается обычными противогАЗами, поэтому для защиты от него используют дополнительный гопколитовый патрон, в котором CO окисляется диоксидом марганца. Определить срок годности гопколитового патрона, содержащего 261 г оксида марганца (IV), если установлено, что при работе с ним на некотором химическом предприятии в атмосфере, содержащей примеси CO, масса патрона через каждые сутки увеличивалась в среднем на 4,2 г. Какую опасность для здоровья представляет оксид углерода (II)?

Ответ: 20 суток

45. В связи с сильным загрязнением атмосферы оксидами серы в районе Аньшаньского металлургического комбината в Китае в 1981 г. выпали осадки со значением $pH=2,25$. Рассчитать массовую долю серной кислоты, содержащейся в этом кислотном дожде. Плотность дождевой воды считать равной 1000 г/л .

Ответ: $5,5 \cdot 10^{-2} \%$

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ ГИДРОСФЕРЫ

БАЛАНС ВОДЫ И ПУТИ ЕГО УПОРЯДОЧИВАНИЯ

Гидросферой называют водную оболочку Земли. Это самая тонкая оболочка планеты (0,001 % массы Земли); она находится в тесной связи с атмосферой и литосферой.

Вода – самое распространенное вещество на Земле и играет исключительную роль во всех жизненных процессах. Растения содержат 90% воды; тело человека – 71%, его кровь – 90%, мускулы – 75%, кости – 28%. В год человек потребляет около 1 т воды. При потере человеком 10% воды может наступить самоотравление, при потере 21% - смерть. Без воды немыслима хозяйственная деятельность человека. Потребность воды в промышленности очень велика. Больше всего воды потребляет сельское хозяйство (орошение, мелиорация, животноводство), причем три четверти ее расходуется безвозвратно. Большое значение вода имеет в выработке электроэнергии.

Вода как вещество обладает рядом аномальных особенностей, которые обусловлены ее молекулярным строением. Одно из таких свойств – необычно высокая температура кипения и замерзания, а также теплоемкость. Некоторые аномалии воды имеют огромное значение для таких важных процессов, как возникновение и поддержание жизни на Земле, образование климата нашей планеты, формирование ее рельефа.

Общий запас воды на Земле составляет около 1000 млн км³ (на долю суши приходится 29,2% Земли); 98 % этого запаса – морские соленые воды, 2% - пресные, из них лишь 0,01% находится в доступной форме для использования (реки, озера, водохранилища). Морская вода содержит в среднем 35 г/л солей. Общая площадь океанов и морей в 2,5 раза превышает территорию суши.

Воды Земли находятся в непрерывном движении. Круговорот воды связывает воедино все части гидросферы, образуя замкнутую систему: океан, атмосфера, суша. Вода является главным фактором, определяющим климат на поверхности Земли.

!?	<i>Вспомнить и описать, как происходит круговорот воды в природе, составить схему круговорота.</i>
----	--

Вода необходима для биохимических и биофизических процессов, происходящих внутри организмов и для создания тех условий среды, которые обеспечивают возможность жизни на Земле.

В естественных условиях вода никогда не свободна от примесей. В ней растворены различные газы и соли, взвешены твердые частицы. Пресной считается вода с содержанием солей до 1 грамма в литре.

Сброс неочищенных производственных или бытовых сточных вод в водоемы оказывает на них многообразное отрицательное воздействие. Прежде всего, загрязненная вода не может быть использована для водоснабжения. Кроме того, содержащиеся в воде растворимые и нерастворимые органические и неорганические вещества приводят к образованию шламовых донных отложений, к загниванию и изменению воды, гибели водной флоры и фауны. В каждом водоеме, куда сбрасываются сточные воды, кроме рыб и водоплавающих птиц, находится (в толще воды) планктон, состоящий из взвешенных в воде мельчайших микроорганизмов: водорослей, инфузорий, рачков, личинок, насекомых и пр. Планктон является пищей для рыб. На дне водоемов находятся донные организмы, составляющие бентоз: водоросли, моллюски, пиявки, цветковые растения, также необходимые рыбам.

Последствия загрязнений могут быть сгруппированы по воздействию на основные параметры водной системы следующим образом:

Кислород. Он нужен для окисления и разложения многих соединений и организмов, а также для жизнедеятельности живых организмов. Если количество кислорода в водной среде уменьшается, то меняются параметры среды и те организмы, которые дышат кислородом, оказываются в условиях, когда дыхание затруднено, количество биологических видов ограничивается и их активность понижается. Следовательно, это вызывает гибель планктона, бентоза, рыб. Одновременно станут усилено развиваться анаэробные микроорганизмы, не нуждающиеся в кислороде. Биологическое равновесие нарушается, начинается загнивание водоема.

Питательные вещества. Некоторые элементы и неорганические соединения являются основной пищей автотрофных организмов, входящих в биологический пищевой цикл. Если снабжение этими веществами усиливается или уменьшается, то возникают серьезные трудности.

Биологически активные вещества. Некоторые химические соединения, попадая в биологический круговорот, могут вызывать как хронические (долговременные), так и острые (кратковременные) изменения. Эти вещества отличаются большим разнообразием свойств: от соединений, влияющих на физиологические процессы, до широкого спектра ядов селективного действия.

Взвешенные твердые частицы. Они склонны к образованию нестабильных или устойчивых суспензий и включают как неорганические, так и органические компоненты. При повышении их содержания ухудшается пропускание света, снижается активность фотосинтеза, ухудшается внешний вид воды и может нарушаться жаберное дыхание. При оседании их на дно уменьшается активность придонных флоры и фауны.

Тепловые воздействия. При сливе вод, имеющих температуру иную, чем у воды водоема, происходят физиологические изменения, зависящие от разности температур. Между этими изменениями и температурой нет простой корреляции.

Водоемы способны к самоочищению, так как поступающие загрязнения в большинстве случаев разрушаются; меняются их физико-химические свойства, структура, концентрация. Органические вещества разлагаются под действием организмов. Бактерии, попадающие в сточные воды, погибают под действием УФ – излучения Солнца, изменения температуры. Самоочищение – это важное явление; здесь сам водоем выполняет функции очистного сооружения.

!?	<i>Предложить реагенты, способствующие ускорению окисления органических веществ в воде. Выбор веществ обосновать с экологической точки зрения.</i>
----	--

Очевидно, для обеспечения населения водой и охраны водных ресурсов в сложившейся ситуации необходимо решение следующих основных задач:

- 1) сокращение потребления исходной воды на единицу выпускаемой продукции и для бытовых нужд;
- 2) предотвращение попадания загрязнений в открытые водоемы и подземные пустоты.

САНИТАРНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ В ВОДОЕМАХ

Для сохранения равновесия в водоемах установлены «Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» (1975 г.). Правилами установлены нормативы отдельных показателей, характеризующих воду в водоемах после сброса в них сточных вод.

К ним относятся:

- ✓ количество растворенного кислорода, которое после смешения должно быть не менее 4 мг/л;
- ✓ содержание взвешенных частиц в воде (оно после спуска сточных вод не может увеличиваться больше, чем на 0,25 мг/л для водоемов первой и второй категории соответственно);
- ✓ минеральный осадок, который не может быть более 1000 мг/л, в том числе хлоридов – не более 350, сульфатов – не более 500 мг/л;
- ✓ биохимическая потребность в кислороде¹;
- ✓ отсутствие в воде запаха и привкуса;
- ✓ кислотность воды (в пределах $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$);
- ✓ отсутствие на поверхности воды плавающих примесей (пленок, пятен минеральных масел и т.п.);
- ✓ отсутствие ядовитых веществ в концентрациях, могущих оказать вредное воздействие на человека и животных и др.

Санитарными нормами установлены ПДК более чем для 400 веществ различной природы (для водоемов первой и второй категории).

ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ

В промышленности вода используется в следующих направлениях:

- ❖ в качестве химического реагента (например, в производстве этилового спирта, при получении водорода и хлора электролизом раствора хлорида натрия);
- ❖ как растворитель (большинство реакций идет в растворах), как поглотитель многих веществ (при очистке газов методом абсорбции), для приготовления строительных растворов и т. п.;
- ❖ как теплоноситель в современных энергосистемах² (атомные, гидро- и теплоэлектростанции);
- ❖ для транспортировки сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и отходов (например, при гидроудалении отходов в отвалы);
- ❖ для промывки продукции и других целей.

Перед использованием на предприятиях вода проходит подготовку, которая представляет комплекс мер, обеспечивающих ее очистку в зависимости от потребностей производства. Основные операции по подготовке воды:

- ✓ очистка от взвешенных частиц (отстаивание, фильтрование);
- ✓ умягчение;
- ✓ обессоливание (в отдельных случаях);

¹ Различают БПК₅ – суточные, БПК₂₀ – суточные, БПК_{полное}.

² Расход воды для крупной ТЭС исчисляется сотнями тысяч м³ в сутки.

- ✓ нейтрализация;
- ✓ дегазация;
- ✓ обеззараживание;
- ✓ дистилляция.

Любое предприятие имеет стоки трех видов:

- производственные, количество и состав которых зависит от технологических процессов;
- бытовые (по составу такие же, как городские сточные воды: остатки пищи, песок, тряпки, фекалии и пр.);
- атмосферные (дождевые, снеговые, поливочные воды). Их количество, состав и концентрация (наличие загрязнителя) зависят от метеорологических условий и типа предприятия (основные загрязнители – песок, глина, древесные и металлические стружки и пр.).

Неблагоприятное действие сбрасываемых в стоках веществ выражается в окислительных процессах, снижающих содержание кислорода в воде (увеличивающих ее окисляемость); ухудшаются и органолептические свойства воды.

Весьма неблагоприятно воздействие на водоемы поверхностно-активных веществ (ПАВ). Последние содержатся в стоках рудообогатительных, кожевенных, меховых, текстильных фабрик, производства синтетических волокон, а также в сельскохозяйственных и особенно бытовых стоках. Обычно под ПАВ подразумевается продукт, который входит в состав моющих веществ.

ПАВ, попадая в воду, придают ей неприятный вкус и запах; они образуют стойкую пену, которая препятствует аэрации, следовательно, биологической самоочистке водоемов. Кроме того, в пене концентрируются микроорганизмы, в том числе болезнетворные. ПАВ влияют на очистку сточных вод, так как переводят осадки в диспергированное состояние, а нерастворимые жидкости - в стойкие эмульсии. При биохимической очистке они тормозят развитие активного ила. Таким образом, наличие в сточных водах синтетических ПАВ заставляет изыскивать специальные способы очистки, обеспечивающие предварительное их удаление (иногда совместно с другими загрязнителями) из этих вод.

Весьма опасными загрязнителями водоемов являются нефть и нефтепродукты. Вопросы загрязнения ими моря являются предметом специального обсуждения международных организаций ("Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью", 1978 г). Конвенция устанавливает особо жесткие нормы содержания нефти в воде. Для всех особых районов (моря Балтийское, Черное, Средиземное) принят единый режим: полный запрет слива нефтесодержащих вод с танкеров и сухогрузных судов (около 51% потерь нефти при транспортировке приходится на загрузку морской воды и очистку танкеров). Все сбросы должны выкачиваться на береговые приемные устройства. Все новые суда должны оснащаться установками для очистки сточных вод.

Нефть и нефтепродукты, поступающие в водоемы, создают различные формы загрязнений: плавающую пленку, растворенные или эмульгированные

нефтепродукты, осевшие на дно тяжелые фракции, продукты, адсорбированные грунтом дна или берегов. Плавающая нефтяная пленка может охватывать огромные пространства. Пленка препятствует поглощению водой кислорода. В течение нескольких дней 25% нефтяного пятна исчезает в результате испарения легкокипящих фракций. Низкомолекулярные компоненты выводятся из нефтяного пятна в основном растворением, причем ароматические углеводороды растворяются быстрее, чем предельные.

!?	<i>Предложить принципиальную схему устройства для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, позволяющего собирать их в непрерывном режиме.</i>
----	---

Общее воздействие нефтепродуктов на морскую среду можно разделить на пять категорий:

- ✓ непосредственное отравление с летальным исходом; серьезные нарушения физиологической активности;
- ✓ эффект прямого обволакивания живого организма нефтью или нефтепродуктами;
- ✓ болезненные изменения, вызванные внедрением углеводородов в организм; изменения в биологических особенностях среды обитания.

Растворенные в воде ароматические углеводороды представляют наибольшую опасность для морской среды. Икринки и мальки в 10-100 раз чувствительнее к действию углеводородов, чем взрослые рыбы. Особенно уязвимы птицы (их оперение покрывается нефтью; при попытке очистить перья птицы заглатывают загрязнения и гибнут).

Крупным источником загрязнения водоемов является сельское хозяйство. В настоящее время в борьбе с болезнями, вредителями растений и сорняками используется целый комплекс мероприятий: агротехнические меры, создание устойчивых (к вредителям и болезням) сортов, применение биологических, химических приемов и др.

Пестициды - собирательное название ядохимикатов, используемых в сельском хозяйстве для защиты растений и животных. Обладая биологической активностью, они могут вызывать гибель не только вредных, но и полезных организмов. Поэтому большое внимание уделяется созданию препаратов избирательного действия, направленных только против вредных организмов. Эти исследования основаны на биохимических различиях организмов. В зависимости от объекта воздействия пестициды подразделяют на несколько групп: гербициды (средства для уничтожения сорняков); инсектициды (средства для уничтожения вредных насекомых); зооциды (средства для борьбы с грызунами); фунгициды (средства для борьбы с грибковыми заболеваниями); бактерициды (средства против возбудителей болезней растений); лимациды (средства против различных моллюсков, в том числе слизняков); дефолианты (средства для удаления листьев); десиканты (препараты для высушивания листьев на корню); дефлоранты (препараты для удаления излишков цветов и завязи).

Пестициды попадают в водоемы в результате смывания их с обработанных полей и лесов (при помощи дождей, грунтовых и талых вод), а также со

сточными водами предприятий, производящих пестициды. Распределение пестицидов в толще воды зависит от многих факторов, физико-химических свойств пестицидов (растворимость, плотность и т.п.), форм применения (масляные или водные эмульсии, суспензии, растворы) и др. На скорость разложения пестицидов в воде влияют температура, рН воды, общий уровень загрязненности, а также свойства самого препарата. Стойкие пестициды могут нарушать сложившиеся в водоеме биогеоценозы. Некоторые представители животного мира обладают способностью концентрировать пестициды. Концентрация хлорсодержащих пестицидов в организмах (вследствие хорошей растворимости в жирах и маслах) может значительно превышать их концентрацию в воде. Планктон и мелкие рыбы, поглощая эти пестициды, передают их более крупным животным (по пищевой цепи). При этом содержание препарата в каждой последующей цепи питания возрастает в сотни и тысячи раз. Люди, стоящие наверху пищевой цепочки, накапливают стойкие пестициды. Таким образом, пестициды потенциально опасны для возникновения патологических изменений в организме человека.

Еще более устойчивы и опасны диоксины, которые как дефолианты применялись для уничтожения растительности (в больших масштабах на хлопке). Диоксины - канцерогены и мутагены; они в течение нескольких поколений могут давать возрастающий процент врожденных уродств у детей.

Источником загрязнения водоемов являются и минеральные удобрения, смываемые с полей дождями и искусственным орошением, выносимые ручьями, реками, подземными стоками. Перехватить такой сток практически невозможно. Насыщение вод удобрениями вызывает эвтрофикацию. В эвтрофных водах бурно развивается растительность (которую в этом случае нельзя называть зеленым другом), разрастаются микроскопические водоросли - фитопланктон. В период их цветения вода похожа на зеленый суп. Затем они отмирают, падают на дно, гниют, отбирая у воды кислород и выделяя сероводород. От сероводородного заражения водоем гибнет.

В настоящее время актуальным стал вопрос загрязнения водоемов соединениями тяжелых металлов. Для любого химического элемента найдется по крайней мере один вид планктона, способный эффективно его концентрировать. Так, планктон способен концентрировать медь в 90000 раз, свинец в 12000 раз, кобальт в 16000 раз. Эти металлы, как правило, присутствуют в виде следов, играют жизненно важную роль в биологической системе и могут рассматриваться как микроэлементы питания. Однако при более высоких концентрациях те же металлы могут выступать в роли ингибиторов реакций и в некоторых случаях проявляют токсичность по отношению к определенным организмам.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

В «Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» (1975 г.) предусмотрены повышенные требования к очистке стоков. Правила устанавливают, что при сбросе в водоемы нескольких загрязняющих веществ должно выполняться требование

$$(C_1/\text{ПДК}_1) + (C_2/\text{ПДК}_2) + \dots + (C_n/\text{ПДК}_n) \leq 1,$$

где C_i – концентрация загрязняющего компонента; ПДК_i – его предельно-допустимая концентрация.

Характер и состав сточных вод весьма разнообразен, поэтому разнообразны и методы очистки. Выбор метода зависит от многих факторов, и прежде всего от физического состояния загрязнителей (взвесь, молекулярный раствор и т. п.) и концентрации.

Применяют пять основных типов очистки: механическая; физико-химическая; химическая; биологическая; термическая.

Механическая очистка. Применяется для выделения нерастворимых грубо-дисперсных примесей методом процеживания, отстаивания, фильтрования).

Методы физико-химической очистки основаны на изменении физического состояния загрязнителей, что облегчает их удаление из стоков. Сюда относятся коагуляция, флотация, адсорбция (твердыми адсорбентами) и др. Коагуляция – это укрупнение мелкодисперсных и коллоидных частиц с последующим выделением их в виде осадка, что достигается применением реактивов. Флотация – уменьшение удельной массы взвешенных частиц (с целью облегчения их всплывания на поверхность и удаления). Для ускорения всплывания подают воздух. Экстракция заключается в том, что сточную воду смешивают с жидкостью (экстрагентом), в которой загрязнитель растворяется лучше, чем в воде (сам экстрагент не смешивается с водой).

Методы химической очистки состоят в проведении химических реакций, при которых получаются новые загрязняющие вещества, либо безвредные, либо легко удаляемые из стоков.

Биологическая очистка основана на способности некоторых микроорганизмов разрушать органические и неорганические вещества (например, сульфиды, соли аммония и т. п.), превращая их в безвредные продукты: воду, углекислый газ, сульфаты и др.

Термическая очистка. Сточные воды предварительно упаривают. Затем проводят либо захоронение концентрированных растворов (а отвалах), либо выделяют из них сухой остаток. Термическая обработка при высокой температуре (полное окисление) дает нетоксичные продукты сгорания.

СОКРАЩЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ И СОЗДАНИЕ БЕССТОЧНЫХ СИСТЕМ

С развитием промышленности увеличивается потребление воды предприятиями. Продолжает расти расход воды в сельском хозяйстве. Значительно вырос расход воды на удовлетворение бытовых нужд населения (воды для питья, бань, прачечных и т. п.). Если в дореволюционной России в населенных пунктах (с водопроводом) на одного человека приходилось 15 – 20 л воды в сутки, то в настоящее время потребление воды возросло до 200 л в сутки, а в крупных городах (Москва, Санкт – Петербург) – до 500 – 600 л в сутки. Сокращение расходов воды не должно происходить за счет бытового потребления (по количеству потребляемой воды на душу населения судят об уровне цивилизации). Совсем другое дело – потребление воды в

промышленности. Здесь, наоборот, большой удельный расход воды на единицу выпускаемой продукции свидетельствует о несовершенстве технологических процессов производства.

Важнейшей составной частью перестройки технологических процессов на безотходный режим является сокращение водопотребления, связанное с созданием производств без сброса сточных вод в водоемы.

На всех предприятиях имеется много аппаратов, машин, устройств, охлаждаемых водой. Ранее необходимую для этих целей воду брали из водоемов и после использования сбрасывали обратно. Такая система называется прямоточной. Начиная с 50-х годов прошлого столетия стала широко использоваться система оборотного водоснабжения, основанная на многократном использовании воды.

Смысл замкнутой системы заключается в объединении водопровода и канализации³ (и исключении из системы водоема). Но при циркуляции воды часть ее теряется при испарении, с осадками, при фильтрации и т.п. Поэтому для поддержания постоянного количества воды необходимо восполнять эти потери. Но кроме количественной компенсации циркулирующей воды нужна качественная. При циркуляции вода минерализуется, то есть в ней увеличивается концентрация солей, и она приобретает способность к отложению накипи на внутренних стенках аппаратов. Сейчас чаще всего проводят подпитку (освежение воды). Для этого некоторое количество воды сбрасывается в водоемы и взамен забирается свежая вода (5 – 10 % от общего количества).

Таким образом, для создания полностью замкнутой системы оборота воды нужно решить две основные задачи:

- ❖ найти способ устранить минерализацию оборотной воды;
- ❖ найти способ покрытия потерь оборотной воды без забора воды из водоема.

Таких источников два – это бытовые сточные воды и атмосферные воды. Бытовые сточные воды после биологической очистки имеют БПК₅ около 15 мг кислорода на литр и содержат 15–25 мг/л взвешенных частиц, животные и растительные микроорганизмы. Непосредственное применение этих вод в системах оборотного водоснабжения может привести к интенсивному биологическому обрастанию и излишней минерализации, поэтому они (прежде чем идти на подпитку) подвергаются дополнительной очистке. Атмосферные воды являются нерегулярным источником водоснабжения.

Для борьбы с обрастанием применяются различные методы. Например, для уничтожения водорослей применяется медный купорос, для борьбы с биогентами (червями, инфузориями, грибами) – хлор. Для уничтожения карбонатных отложений проводят обработку серной кислотой или фосфатирование и другие способы. Для защиты от коррозии в оборотных

³ Эта система сходна (в какой-то степени) с системой кровообращения: артерии (водопровод) – физиологические процессы (технологические процессы) – вены (канализация) – легкие (очистка) – сердце (насосная станция).

системах используют ингибиторы, например K_2CrO_4 и $K_2Cr_2O_7$ (они действуют и на биологическое обрастание).

На предприятиях новых отраслей промышленности уже достигнута высокая степень возврата воды; например, на нефтеперерабатывающих заводах – 95–97%, на металлургических – 90–94%, на азотнотуковых – 90–92%. Предприятия юго-восточной промышленной зоны г. Москвы успешно используют для технических целей (с большим экономическим эффектом) очищенные сточные воды Курьяновской станции аэрации.

Внедрение бессточных технологий практически полностью решает проблему защиты водоемов от загрязнений. Однако пока еще не существует реальной возможности перехода всех производственных процессов к безотходной технологии⁴.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ К РАЗДЕЛУ «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ ГИДРОСФЕРЫ»

46. Воды Мирового океана в полярных широтах поглощают из атмосферы диоксид углерода, а в тропиках, где тепло, выделяют этот газ. В этом обменном процессе между атмосферой и океаном участвует ежегодно 100 млрд. тонн углекислого газа. Определить объем диоксида углерода (при н. у.), вовлеченного в этот процесс.

Ответ: $5,1 \cdot 10^{13} \text{ м}^3$

47. При очистке сточных вод, содержащих органические вещества, методом брожения выделился газ с плотностью по кислороду 0,5, содержащий 75% углерода, 25% водорода и используемый на водоочистительных станциях как горючие. Что это за газ?

Ответ: CH_4

48. Объем Мирового океана 1370 млн. км³, а в одной капле воды (около 0,03 мл) содержится 250 млрд. атомов урана. Оценить массу урана в Мировом океане и сравнить его запасы в океанической воде с запасами в разведанных месторождениях на суше - 18 млн. т.

Ответ: 4,5 млрд. т.

49. Молярная концентрация золота в морской воде равна $2,5 \cdot 10^{-11}$ моль/л, а в 1 т золотоносной руды содержится 10 г золота (указаны средние значения). Рассчитать: 1) объем морской воды, в котором содержится 1 кг золота; 2) во сколько раз массовая доля золота в промышленных рудах больше его массовой доли в морской воде (плотность воды принять равной 1 г/мл).

Ответ: $2,0 \cdot 10^{11}$ л; в 2 млн. раз больше

⁴ На Николаевском гидролизно-дрожжевом заводе (Украина) осуществлена система полной утилизации отходов производства. Загрязненные промышленные стоки не сбрасываются здесь в открытые водоемы, а, пройдя очистные сооружения, вторично используются в производстве или идут на нужды соседнего цементного завода. Получаемый осадок (после просушивания) смешивают с кормовыми дрожжами и используют как питательный корм для скота.

50. На дне Черного моря постоянно образуется сероводород - это результат жизнедеятельности сульфатовосстанавливающих бактерий. Происходящий процесс можно выразить схемой:



Рассчитать объем (н.у.) сероводорода, образующегося при восстановлении 1 кг сульфата кальция и объяснить, почему верхние слои воды (менее 150-200 м) не содержат сероводорода.

Ответ: 166 л

51. Толщи известняка на земной поверхности и под землей медленно размываются почвенными водами, где растворен диоксид углерода. Определить массу карбоната кальция $CaCO_3$, который может превратиться в растворимый гидрокарбонат кальция состава $Ca(HCO_3)_2$ под действием воды, содержащей 10 моль растворенного углекислого газа. Практический выход продукта в этой реакции считать равным 90%.

Ответ: 900 г

52. Один из способов обеззараживания воды – хлорирование. Этот процесс часто сопровождается утечкой хлора в атмосферу. Чтобы удалить хлор из вентиляционного воздуха, используют «антихлор» - увлажненный сульфит натрия Na_2SO_3 . Какая масса сульфита натрия потребуется для поглощения всего хлора из 5000 м^3 воздуха, если содержание в нем этого газа в 10 раз превышает среднесуточное предельно допустимое и составляет $0,30 \text{ мг/ м}^3$.

Ответ: 2,7 г

53. В сточных водах цеха гальванических покрытий содержится нитрат серебра массой 120 кг. Вычислить массу 30% раствора пероксида водорода, необходимого для восстановления ионов серебра до металлического состояния.

Ответ: 40 кг

54. Целлюлозно-бумажный комбинат произвел сброс сточных вод. Вычислить объем хлора (при н.у.), необходимого для очистки 1000 м^3 сточных вод от сероводорода. Концентрация сероводорода в сточных водах - $0,05 \text{ мг/л}$.

Ответ: 32,94 л

55. В результате аварии на производстве серной кислоты в сточные воды массой 400 кг попало 3,2 кг оксида серы (VI). Вычислите массовую долю образующейся серной кислоты в сточных водах.

Ответ: 0,972%

56. При производстве фенолформальдегидных пластмасс произошел аварийный сброс фенола в ближайший водоем. Рассчитать молярную концентрацию фенола в водоеме, если масса воды в нем - 10000 т, а масса сброшенного фенола составляет 0,5 кг.

Ответ: $5,3 \cdot 10^{-7}$ моль/л

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА **«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ** **ПРИРОДНОЙ ВОДЫ»**

1. Введение. Вода – самое распространенное и наиболее важное химическое соединение в природе. Вода является универсальным растворителем, вступает в химические реакции со многими веществами, поэтому чистой воды в природе нет – она всегда содержит примеси и различные растворенные вещества*.

В данной работе предлагается, используя известные методики, определить физико-химические показатели близлежащего к школе водного источника (пруда, ручья, реки и т.п.) и сопоставить полученные значения с нормативами на загрязняющие вещества в воде (**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**).

2. Реактивы и оборудование: термометр, ареометр, а также реактивы и оборудование, указанные в **ПРИЛОЖЕНИИ 4**.

3. Порядок и техника проведения работы

3.1. Провести отбор пробы воды из источника. Определить температуру воды.

3.2. Уточнить у учителя необходимые для определения показатели.

3.3. Определить плотность воды. Провести исследование физико-химических показателей воды.

3.4. Обобщить экспериментальные данные по каждому из показателей с остальными группами учащихся класса.

3.5. Составить сводную таблицу по физико-химическим показателям воды данного источника.

3.6. Сопоставить полученные значения с нормативами (**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**).

3.7. Сделать вывод.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ ЛИТОСФЕРЫ

РОЛЬ ПОЧВ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ, В ПРИРОДЕ И ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Почва – рыхлый поверхностный слой Земли, образовавшийся в условиях длительного тесного контакта атмосферы, литосферы, гидросферы, биосферы в результате физических, химических и биологических процессов. Почвообразование – очень сложный и длительный процесс.

Почва – это меняющаяся среда, где совершается синтез и разрушение органических веществ. Она обладает способностью удерживать и сохранять как атмосферные, так и грунтовые воды, обогащающие ее химическими соединениями. Почва участвует как в биологическом (малом), так и геологическом (большом) круговоротах. Она – составная часть почти всех биосферных круговоротов веществ.

* По данным ВОЗ, около 80 % всех инфекционных болезней в мире связано с неудовлетворительным качеством питьевой воды и нарушениями санитарно-гигиенических норм водоснабжения. В мире 2 млрд. человек имеют хронические заболевания в связи с использованием загрязненной воды.

Химический состав минеральной части почвы определяется составом почвообразующих пород, возрастом почвы, особенностями рельефа, климата и др. Минеральная часть почвы включает *Si, Al, Fe, K, Na, Mg, Ca, S, P* и некоторые микроэлементы (*Cu, Mn, I, B* и др.). Большинство элементов входят в состав почвы в виде оксидов, а также солей угольной, серной, фосфорной, соляной и других кислот. На основных породах почва более богата алюминием, железом, щелочными, щелочно-земельными металлами, а на породах кислого состава – кремнием. В засоленных почвах преобладают кальций, магний, натрий, хлориды и сульфаты.

В состав твердой части почвы входят и органические вещества, большая часть которых при участии почвенных организмов и выделяемых ими ферментов трансформируется в гумус. К органическим веществам почвы, кроме гумуса, относятся соединения, содержащиеся в большом количестве в растительных и животных остатках: белки, углеводы, жиры и др. В сумме они составляют 10-15% всей массы органических веществ в почве. При разложении органических веществ их азот переходит в формы, доступные растениям. Органические вещества играют важную роль в почвообразовании, определяют величину поглотительной способности почв⁵, оказывают заметное воздействие на структуру почв и их физические свойства.

Биологический круговорот лежит в основе сельского хозяйства. Почва вместе с организмами (растениями, животными, микроорганизмами) образует сложные экологические системы, выполняет в биосфере сложные функции, обеспечивающие само существование жизни.

Почва играет важное санитарно-гигиеническое и медицинское значение. Она служит инкубатором для многих насекомых, грызунов – переносчиков и возбудителей болезней (брюшного тифа, туберкулеза, дизентерии, сибирской язвы, столбняка и пр.). На состояние здоровья человека может оказывать влияние (через растения, животных) химический состав почвы. Недостаток или избыток того или иного химического элемента может вызвать у человека нарушение обмена веществ.

ОСНОВНЫЕ ЗАГРЯЗНИТЕЛИ ПОЧВ. ПОСЛЕДСТВИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Суша занимает 29,2% поверхности земного шара (около 14800 млн. га), из них 28% занимают леса, 17% - луга и пастбища, 10% - обрабатываемые земли, 45% - пустыни и полупустыни, вечные снега, ледники, селения и т.д. Обрабатываемые почвы - это результат не только сложных естественных процессов, но и продукт многовекового труда человека. Вместе с урожаем из почвы изымается значительное количество органических и минеральных веществ. В то же время внесение удобрений, применение правильных севооборотов (и других мероприятий) повышает плодородие почвы. К особо опасным последствиям отрицательного воздействия человека на почву следует отнести эрозию почвы, загрязнение химическими веществами, засоление, заболачивание, использование почв под постройки, водохранилища. Под

⁵ Свойство почвы задерживать (поглощать) твердые, жидкие и газообразные вещества.

влиянием деятельности людей почва разрушается в 100-1000 раз быстрее, чем в природных условиях. В результате ускоренной эрозии за последнее столетие потеряно 2 млрд. га плодородных земель (27% земель активного сельскохозяйственного использования). Разрушению почв способствует вырубка лесов.

Загрязнение почв химическими веществами нарушает идущие в ней естественные физические, химические и биологические процессы. Токсичные вещества, накапливаясь, содействуют постепенному изменению химического состава почв, нарушению единства геохимической среды и живых организмов. Самоочищение почв происходит очень медленно. Загрязнение почв связано с загрязнением атмосферы и вод. Неправильный выбор удобрений может привести к подкислению или подщелачиванию почв. В засушливых районах обычно используют удобрения, подкисляющие среду: сульфат аммония, суперфосфат. Для кислых почв нужны подщелачивающие удобрения: нитрат натрия, нитрат калия и др.

!?

*Объяснить, почему указанные соли используют на данных типах почв.
Ответ подтвердить УХР.*

Плохо сказывается на состоянии почв неумеренное применение пестицидов. Отравляющее действие на почву оказывают промышленные отходы. Особенно интенсивно загрязнение почв вблизи металлургических и химических предприятий. В почвах накапливаются металлы: железо, ртуть, свинец, медь, цинк и др.

Много почв уничтожается при открытом способе добычи полезных ископаемых, строительстве водохранилищ, создании отвалов для промышленных отходов и пр. При добыче каменного угля пустая порода выбрасывается, занимая десятки тысяч гектаров. На каждую тонну произведенного калийного удобрения образуется 3-4 тонны отходов (в основном хлорид натрия). Крупнотоннажным отходом производства фосфорных удобрений является фосфорогипс. Тепловые электростанции дают 70 млн. тонн пылевидной золы и кусковых шлаков в год. Постоянно возрастает количество бытовых отходов. Заметный ущерб природной среде наносит строительство дорог, линий электропередач и других объектов, применение в теплый период тяжелого гусеничного трактора (тракторный след на вечной мерзлоте постепенно превращается в глубокий овраг).

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА, ИХ ПЕРЕРАБОТКА

Большую опасность для почв представляют твердые промышленные отходы. К твердым отходам относятся металлы, дерево, пластмассы и другие материалы неорганического и органического происхождения, промышленный мусор: резина, бумага, ткани, шлак, песок и т. п. К твердым отходам на предприятиях химической и нефтехимической промышленности также принадлежат:

- ❖ неиспользуемые химические продукты;
- ❖ адсорбенты, не подлежащие регенерации;

- ❖ зола и твердые продукты, получающиеся при термической обработке сточных вод;
- ❖ различные осадки и шлаки после химических реакций;
- ❖ пыль, уловленная при очистке выбросов;
- ❖ тряпки, пропитанные химическими веществами, и т. п.

Человечество придумало три принципиально разных пути утилизации мусора (см. **ПРИЛОЖЕНИЕ 5**): организация свалок, вторичное использование отходов и сжигание их. Однако ни один из них нельзя признать абсолютно приемлемым. Вторичное использование отходов – наиболее ресурсосберегающий путь, но он не всегда рентабелен как в экономическом, так и в экологическом плане.

В зависимости от свойств отходов (там, где это допустимо) их сжигают в печах различного типа. Образовавшуюся золу и шлак либо используют в качестве наполнителя в производстве стройматериалов, либо в качестве удобрений (иногда – для выделения отдельных компонентов). Иногда имеет смысл прибегать к сжиганию мусора на садовом участке при деревенском огороде. При этом весь сжигаемый мусор должен быть горючим, более или менее сухим и не должен содержать пищевых отходов и хлорсодержащих пластмасс. При этом устраивать из мусора костер нежелательно – большая часть бытовых отходов (тряпье, пластик и т. д.) горит медленно и сгорает неполностью. Поэтому сначала надо разжечь костер из хорошо горящих дров, а уж затем постепенно кидать в него мусор. Таким же образом можно сжигать мусор в печи.

Наиболее простые и распространенные сооружения для обеззараживания отходов – усовершенствованные свалки (полигоны), где происходит анаэробное саморазложение отходов в их толще в течение десятков лет. В результате разложения образуются токсичные газы и фильтраты, загрязняющие водный и воздушный бассейны (при этом метан, сероводород, свободный водород дают взрывоопасные смеси). Очень опасны стоки из-под свалки, которые содержат большое количество микроорганизмов. Поэтому при выборе полигонов обязательна их естественная или искусственная гидроизоляция.

Тем не менее свалки могут оказываться полезными. Так, строительным мусором (особенно остающимся после разрушения старых домов) засыпают овраги, ямы и т. д. Поскольку основная часть строительного мусора (кирпич, бетон, куски штукатурки) по составу аналогична природным камням, большого ущерба природе такое использование не наносит (при условии, что к строительному мусору не примешан бытовой). На Западе существуют и уже осуществляются проекты рекультивируемых свалок (см. рис. 3). Во-первых, такие свалки дренируют, чтобы не допустить проникновения вод со свалки в подземные водоносные горизонты. Во-вторых, их вентилируют, чтобы не допустить образования горючих и ядовитых газов. Мусор на свалку насыпают так, чтобы ее поверхность была ровной. На такую свалку свозят мусор в течение нескольких лет, после чего ее на десяток лет оставляют «созревать», то есть ждут, пока все быстроразложимые продукты разложатся и свалка осядет. После этого на поверхность насыпают почву, на ней сажают траву и деревья,

устраивают парк. Все бы хорошо, только это весьма дорогостоящий и долговременный процесс.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ К РАЗДЕЛУ «ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ХИМИИ ЛИТОСФЕРЫ»

57. Чтобы приготовить бордоскую смесь (препарат против фитофторы – грибкового заболевания огородных растений), используют медный купорос $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Рассчитать число атомов кислорода и водорода, которые содержатся в 350 г этого вещества.

Ответ: $8,43 \cdot 10^{24}$; $7,59 \cdot 10^{24}$

58. Все соли кадмия сильно токсичны. Сравнить массовые доли этого элемента в нитрате кадмия $Cd(NO_3)_2$, сульфате кадмия $CdSO_4$, хлориде кадмия $CdCl_2$ и бромиде кадмия $CdBr_2$ и сделать вывод, какая соль кадмия самая ядовитая.

Ответ: 47,5%; 53,8%; 61,2%; 41,2%

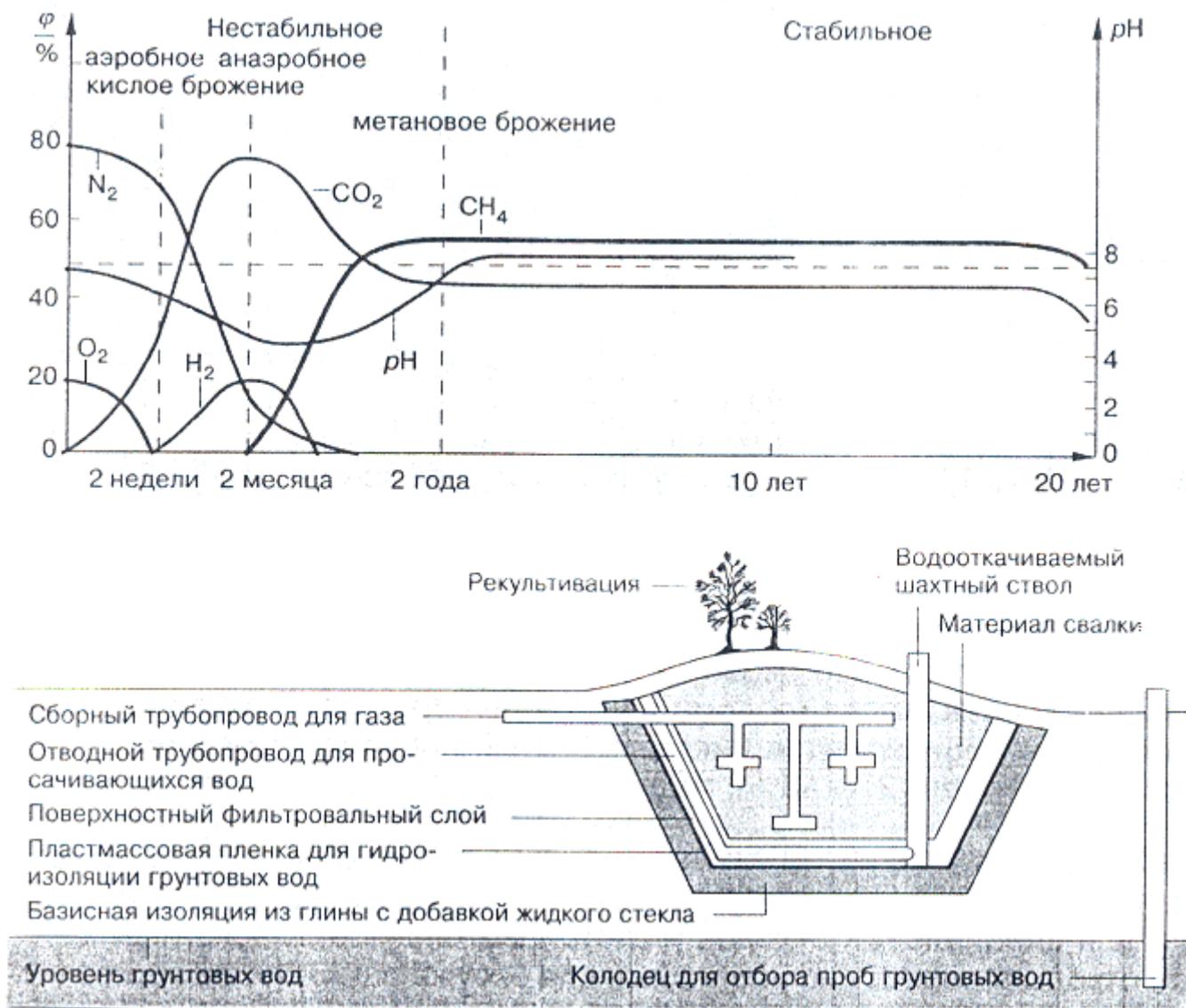


Рис. 3. Схема рекультивируемой свалки

59. Дефолиантами называют вещества, вызывающие искусственный листопад. Их применение облегчает машинную уборку урожая. В состав из одного из дефолиантов входит 21,6 % натрия, 33,3 % хлора и 45,1% кислорода. Определить простейшую химическую формулу этого вещества.

Ответ: NaClO₃

60. Важнейшая проблема промышленного производства азотных удобрений – получение так называемого связанного азота. В настоящее время ее решают путем синтеза аммиака из азота и водорода. Какой объем аммиака (при н.у.) можно получить в этом процессе, если объем исходного водорода равен 300 л, а практический выход продукта – 43% от теоретически возможного?

Ответ: 86 л

РАДИОАКТИВНОСТЬ КАК ЗАГРЯЗНЯЮЩИЙ ФАКТОР

Радиоактивность - особый тип загрязнения окружающей среды. Радиоактивностью называется процесс самопроизвольного превращения неустойчивого изотопа одного химического элемента в изотоп другого элемента, сопровождающийся испусканием элементарных частиц или ядер. Радиоактивность изотопов элементов, встречающихся в природе, называют естественной радиоактивностью. Долгое время на фоновую (природную) радиацию не обращали внимания как на несущественную. Радионуклиды (радионуклиды) могут быть получены и искусственно (например, радионуклид фосфора, которого не существовало в природе, ³⁰₁₅P). Такие радионуклиды проявляют искусственную радиоактивность.

Источниками радиоактивного облучения человека, кроме фоновой радиации, могут быть: естественно встречающиеся радионуклиды чрезвычайно высокой концентрации; диагностические рентгеновские лучи и радиоизотопы; выпадающие радиоактивные осадки (как природного, так и антропогенного происхождения); выбросы и отходы ядерных реакторов; испытания ядерного оружия; предприятия по химической переработке ядерного топлива (например, урановых руд).

К основным видам радиоактивного распада относят α - распад, β - распад, электронный захват и спонтанное деление.

!? *Подготовить сообщение по основным видам радиоактивного распада.*

Все виды радиации поглощаются биологическими системами с одинаковыми последствиями: электронные оболочки атомов в клетках деформируются и атомы ионизируются. В итоге биологическое повреждение клеток производят быстродвижущиеся электроны, выбитые из атомов - независимо от типа первоначальной радиации!

Степень выносливости различных организмов, а также клеток и тканей к действию ионизирующих излучений называют радиочувствительностью. Мерой ее служит значение дозы облучения, вызывающей гибель 50% организмов или клеток. Один рад - внесистемная единица поглощенной дозы ионизирующих излучений (1 рад = 0,01 Дж/кг). Радиочувствительность у различных биологических объектов сильно отличается (см. табл. 1).

Радиочувствительность различных биологических объектов

Биологический объект	ЛД ₅₀ , рад
Клетки млекопитающих	200-350
Бактерии	10000-45000
Дрожжи	30000
Инфузории и амебы	300000-500000
Взрослые насекомые	30000-50000
Мыши и человек	350-700
Семена некоторых растений	100000

Выделяют два типа биологических повреждений, вызываемых радиацией (ионизирующими излучениями).

Физический, или «пулеобразный» (I тип). В этом случае выбитые электроны разрушают молекулярные связи непосредственно в структуре, где они были выбиты. Такое прямое воздействие, протекающее очень быстро, служит главной причиной повреждения ДНК в ядрах клеток при облучении, приводя к генетическим мутациям и нарушениям.

Химический, или косвенный (II тип). Здесь ущерб биологической структуре наносят реакционные частицы, которые образовались вдали от этой структуры, но приблизились к ней в результате блужданий.

Ядерные взрывы в атмосфере в 50-х гг. XX века, радиологическая обстановка в районах, пострадавших от последствий Чернобыльской АЭС привели к тому, что существенное количество радионуклида ^{90}Sr , поглощенное растениями из воздуха, по пищевой цепи дошло до человека и отложилось в костях. Изотоп ^{90}Sr вызывает острую лейкемию, излучая β - частицы, которые нарушают процесс образования эритроцитов. С радиоактивным загрязнением биосферы также связывают отклонения и уродства на ранних этапах развития младенцев, а также сокращение сроков продолжительности жизни.

ЭКОЛОГИЯ И ЭНЕРГЕТИКА

Угроза энергетического кризиса вполне реальна для любой страны, и человечество уже убеждалось в этом не раз. На сегодняшний день положение в области энергетики в мире можно охарактеризовать следующими факторами:

- 1) запасы ископаемого топлива ограничены;
- 2) атомная энергия, которая еще совсем недавно казалась выгодно доступной в любых количествах, сегодня признана экологически опасной (опасны ее производство и отходы);
- 3) доля исследований, связанных с созданием новых энергетических проектов, внедрение которых не загрязняло бы окружающую среду увеличивается;
- 4) кроме поиска новых источников энергии, химиками активно ведутся работы по созданию новых материалов, обеспечивающих более эффективное расходование и потребление энергии.

Используемые сейчас традиционные энергоносители - нефть, уголь, газ и т.д. ставят перед человечеством две проблемы:

- 1) их использование приводит к загрязнению окружающей среды;

2) им необходимо искать подходящую замену из-за угрозы истощения и сопряженной с этим реальной возможности понижения уровня экологического комфорта для человека.

В качестве альтернативных решений на сегодняшний день предлагается несколько типов энергетических источников: использование энергии атома; использование энергии Солнца (и прежде всего на синтез водорода как топлива) и др. (см. рис. 4).

!?

<i>Подготовить сообщение об альтернативных источниках энергии.</i>
--

ПОНЯТИЕ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Под мониторингом понимается система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей среды. Цель мониторинга - выявление антропогенных загрязнений. Секретариат ООН по окружающей среде определил экологический мониторинг как систему повторных наблюдений за элементами окружающей среды в пространстве и во времени в соответствии с заранее составленными программами. Объектами мониторинга могут быть как природные, так и антропогенные (или природно-антропогенные) экосистемы. Мониторинг - это не только пассивная констатация фактов, но и проведение экспериментов, моделирование процессов.

Экологический мониторинг охватывает разные уровни (от локальных районов до земного шара в целом).

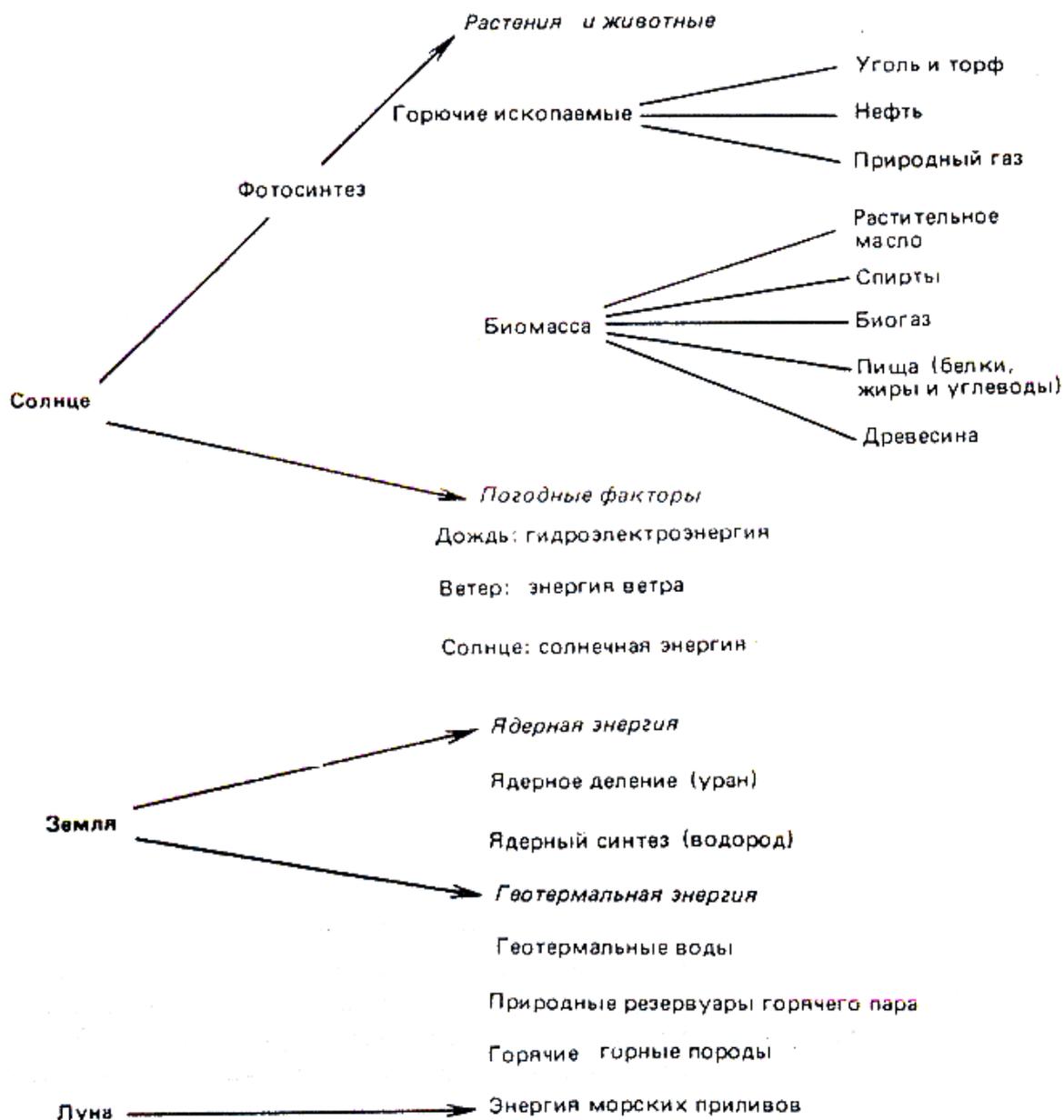


Рис. 4. Различные источники энергии

Локальный мониторинг (ЛМ), или биоэкологический мониторинг, учитывает изменения качества среды в пределах населенных пунктов, промышленных центров, отдельных предприятий. Задачами ЛМ могут быть, например, наблюдения за динамикой охраняемых видов животных. Мониторинг позволяет прогнозировать возможный ущерб лесным и полевым растениям и сроки нанесения этого ущерба.

Региональный мониторинг (РМ) - мониторинг, действующий в пределах отдельных крупных районов, интенсивно осваиваемых народным хозяйством (например, в пределах геосистем территориально-промышленных комплексов).

Национальный мониторинг (НМ) - мониторинг, организуемый в пределах какого-либо государства. Основной задачей НМ является получение информации и оценка состояния окружающей среды в национальных интересах.

Глобальный мониторинг (ГМ), или биосферный мониторинг, осуществляется на основе международных соглашений. Базой ГМ считается космическая и вычислительная техника. Например, с помощью искусственных спутников можно получить такую информацию, которую нельзя добыть в результате наземных наблюдений. Информационные системы ГМ позволяют оценить современное фоновое состояние биосферы.

Наряду с методами оценки загрязненности при помощи приборов (титрованием, гравиметрией, хроматографией и др.) используется так называемые методы биологической индексации, основанные на чувствительности живых организмов к некоторым конкретным химическим загрязнителям. Так установлена четкая связь между встречаемостью лишайников на стволах деревьев и полями загрязнения (наличие лишайников указывает на чистый воздух). Отсутствие жуков-короедов на отмирающих деревьях тоже служит индикатором загрязнения воздуха.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАДАЧИ К РАЗДЕЛУ «МОНИТОРИНГ»

61. 1,6 л воздуха с примесью сероводорода окисляется при действии 100 г 1,27% водного раствора йода до элементарной серы. Вычислить в объемных процентах содержание сероводорода в воздухе.

Ответ: 7%

62. На промышленном предприятии был проведен анализ воздуха с целью определения в нем сероводорода. Для этого 110 мл загрязненного воздуха при 17⁰С и 1 атм пропустили через раствор перманганата калия, подкисленного серной кислотой. В результате реакции было восстановлено 0,346 г $KMnO_4$. Какова объемная доля сероводорода в воздухе и насколько эта концентрация опасна для работающих, если согласно нормам содержание H_2S в воздухе для предприятий не должно превышать 0,01 мл/л? Какую опасность для здоровья представляет этот газ?

Ответ: 0,11%

63. Содержание угарного газа в отработанных газах автомобиля "Жигули" (режим холостого хода) не должно превышать 4,5% по объему. Соответствует ли режим работы двигателя указанной норме, если при пропускании 25 л выхлопных газов (содержащих по объему CO_2 вдвое больше, чем CO) через 180,5 мл 18% раствора гидроксида натрия ($\rho=1,197$ г/см³) произошло полное насыщение раствора?

Ответ: 13,2%; не соответствует

64. Предельно допустимая среднесуточная концентрация угарного газа CO в воздухе составляет 3,0 мг/м³. Простейший газоанализатор, позволяющий определить наличие в воздухе этой ядовитой примеси, содержит белый порошок оксида иода (V), нанесенный на пемзу. При взаимодействии оксида иода (V) с оксидом углерода (II) идет окислительно-восстановительная реакция с выделением иода, который окрашивает содержимое анализатора в черный цвет. В трубке газоанализатора выделилось 0,10 г иода. Какое количество

вещества оксида углерода (II) прошло через прибор? Какой объём воздуха (при н.у.), содержащего $3,0 \text{ мг/м}^3$ угарного газа, был пропущен через трубку?

Ответ: $0,0020 \text{ моль}$; 18 м^3

ЛИТЕРАТУРА

1. Аликберова Л.Ю., Хабарова Е.И. Задачи по химии с экологическим содержанием. - М., 2001.
2. Безуевская В.А. Химические задачи с экологическим содержанием//Химия в школе. - 2000. - №2. - С.59-61.
3. Грамм-Осипова В.Н., Арефьева О.Д. Расчетные задачи с экологическим содержанием//Химия в школе. - 2000. - №7. - С.59-60.
4. Жилин Д.М. Современные проблемы утилизации мусора//Химия в школе. - 1998. - №1. - С.4-11.
5. Зоммер К. и др. Химия: Справочник школьника и студента/К. Зоммер, К.-Х. Вюниш, М. Цеттлер; Пер. с нем. под ред. проф. Р.А. Лидина. - М., - 1999.
6. Исаев Д.С. Практические работы исследовательского характера по общей химии: Учебное пособие для учащихся 11-х классов. Тверь: Твер. гос. ун-т, 2004. 68 с.
7. Краснянский А.В. Экологические проблемы в расчетных задачах по химии//Химия в школе. - 1996. - №5. - С.32-37; №6. - С.22-27.
8. Лисичкин Г.В., Бетанели В.И. Химики изобретают: Кн. для учащихся. - М., 1990.
9. Охрана природы (химическая экология): Учеб. пособие/Т.К. Балина, Ю.Г. Папулов, Р.А. Зимин. - Тверь, 1995.
10. Степин Б.Д., Цветков А.А. Неорганическая химия: Учеб. для хим. и химико-технол. спец. вузов. - М., 1994.
11. Фримантл М. Химия в действии. В 2-х ч.: Пер. с англ. - М., 1998.
12. Химическое загрязнение атмосферы: Учебно-методическое пособие/Ю.Г. Папулов, Т.К. Балина, Р.А. Зимин. - Тверь, 1993.
13. Шустов С.Б., Шустова Л.В. Химические основы экологии: Учеб. пособие для учащихся шк., гимназий с углубл. изуч. химии, биологии и экологии. - М., 1994.
14. Я иду на урок химии: Книга для учителя. - М., 2001.

ТОКСИКОЛОГИЯ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

Водород и его соединения

Водород не ядовит, но при высоких концентрациях вызывает удушье и наркотическое действие. Газообразные гидриды неметаллов - токсические вещества. Особенно ядовитыми газами являются AsH_3 , PH_3 и SnH_4 , хроническое отравление которыми приводит к расстройству зрения, анемии и язве желудка. Попадание на кожу порошкообразных ионных гидридов вызывает химические ожоги, а попадание этих веществ в глаза приводит к тяжелому их поражению, вплоть до полной потери зрения. Высокой токсичностью обладают гидриды бора. Диборан B_2H_6 близок по токсичности к фосгену CCl_2O , а пентаборан B_5H_9 поражает центральную нервную систему почти так же, как и HCN , причем они способны проникать даже через неповрежденную кожу.

Элементы I и II групп

Ионы Na^+ и K^+ - активные участники биохимических процессов в живых организмах. Ионы Li^+ являются биологическим антагонистом ионов Na^+ , они особенно токсичны при недостатке ионов Na^+ в рационе. Большинство солей бария, кроме $BaSO_4$, относится к сильно токсичным веществам, нервным и мышечным ядам. Очень токсичны соединения бериллия, обладающие канцерогенным действием.

Щелочные и щелочно-земельные металлы относят к взрыво- и пожароопасным веществам. Попадание на кожу даже крупинок этих металлов, их оксидов и гидроксидов вызывает сильные ожоги, а при сильном поражении глаз - полную потерю зрения. Утилизацию щелочных и щелочно-земельных металлов осуществляют обработкой их остатков этанолом, полученные алкоголяты затем разрушают водой.

Соединения меди вызывают резкое раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей и желудочно-кишечного тракта. При систематическом действии солей меди на организм человека отмечается поражение зубов и слизистой оболочки рта, язвенная болезнь желудка, конъюнктивит глаз приобретает зеленовато-желтый цвет, а на деснах появляется темно-красная полоса.

Серебро в виде пыли более $0,01 \text{ мг/м}^3$ в воздухе опасно своим накоплением на стенках капилляров, особенно печени, костном мозге, селезенке. У работающих постоянно с золотой пылью отмечаются дерматиты и экземы на коже.

Наибольшую опасность для человека из элементов II-B подгруппы представляет ртуть и ее соединения, поскольку они плохо выводятся из организма (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2). Токсичны также соединения кадмия: при хронических отравлениях появляются желудочно-кишечные расстройства, быстрая утомляемость, шум в ушах. Наименее токсичен цинк, однако попадание паров металлического цинка или его солей вызывает у человека кашель, одышку. Для детоксикации применяют яичный белок, молоко. В качестве профилактических мероприятий - работа с солями ртути и кадмия в резиновых перчатках, периодическое полоскание рта, тщательное мытье рук по окончании работы. Не допускается слив растворов солей кадмия и ртути в канализацию. Для сбора пролитой металлической ртути используют амальгамированные медные и жестяные пластины и кисточки, дезактивация проводится порошкообразной серой или раствором хлорида железа (III).

Производство цинка, ртути и кадмия представляет экологическую опасность ввиду повышенной токсичности.

Элементы III группы

Бораны являются нервно-паралитическими ядами. При попадании на кожу или при вдыхании самых незначительных их количеств они вызывают головную боль, тошноту, слабость и судороги. Таллий и его соединения по характеру напоминают мышьяк. Они

поражают нервную систему, пищеварительный тракт и почки. В медицине солями таллия пользуются для удаления волос.

Газообразные галогениды бора, пыль алюминия и его оксида поражают главным образом легкие и слизистые оболочки глаз, носа и рта.

Смертельная доза при отравлении тетраборатом натрия $Na_2(B_4O_7) \cdot 10H_2O$ и борной кислоты $B(OH)_3$ для взрослого человека 15-20 г. Действие аэрозоля этих веществ приводит к снижению половой активности.

Соединения индия, попадая в человеческий организм, разрушают зубы, вызывают желудочно-кишечные расстройства.

Воздействие *Sc*, *Y*, *Lu* на человека наблюдается в основном при добыче, обогащении и переработке руд, при получении оксидов и солей из-за радиационного воздействия примесей *Ac*, *Th* и *U*.

Токсические свойства лантаноидов проявляются в замедлении свертываемости крови, хронических фарингитах и ринитах - заболеваниях верхних дыхательных путей. У работающих с оксидом церия (IV) на производстве полирующего состава - полярита наблюдаются при непосредственном контакте кожные дерматиты.

Соединения тория, урана и плутония ядовиты. Кроме того, опасность работы с актиноидами заключается в радиоактивном воздействии на человека, интенсивность которого с ростом порядкового номера элемента возрастает. Поэтому все работы с актиноидами ведутся в изолированных боксах, в толстых резиновых перчатках, защищающих от β -излучения, а при необходимости (α - и γ -источники) - с использованием дистанционного управления.

Элементы IV группы

Соединения углерода (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2), кремния и германия с галогенами, азотом и серой относятся к категории токсичных веществ. Циановодород, дициан, цианиды металлов принадлежат к сильнодействующим ядам. Уже 50 мг циановодорода достаточно, чтобы убить человека. Смерть наступает в течение нескольких секунд из-за паралича дыхания. Оксид-дихлорид углерода CCl_2O обладает удушающим действием. Смертельная концентрация 0,1-0,3 мг/л. Это вещество применяли под названием фосген как боевое отравляющее вещество в первую мировую войну. Галогенпроизводные циана $CNCl$, $CNBr$ и CNI принадлежат к категории слезоточивых отравляющих веществ. Монооксид углерода - ядовитый газ. Сродство гемоглобина крови к CO гораздо больше, чем к кислороду воздуха. При концентрации (массовая доля) CO в воздухе около 0,06% наступает потеря сознания. Вредным для человека является воздух с повышенным содержанием CO_2 . Вдыхание воздуха с 10% содержанием CO_2 вызывает потерю сознания и смерть вследствие остановки дыхания.

Высокой токсичностью обладают тетраметил- и тетраэтилсвинец и свинец. Свинец и его неорганические соединения - яды, действующие на все живое, вызывающие изменения в нервной системе, крови и сосудах.

Мелкодисперсные титан и оксид титана (IV) при их содержании в воздухе выше 10 мг/м³ вызывают отек легких. Отравление соединениями циркония проявляется болями в сердце, потливостью, головными болями. При хронических отравлениях отмечается снижение содержания гемоглобина в крови. Оксид и карбид гафния относят к малотоксичным соединениям.

Рабочие, занятые в производстве губчатого титана, подвергаются воздействию паров титана, его тетрахлорида, хлора и хлорида магния, что приводит к почти 90% заболеваемости дыхательных путей, носа, глотки и гортани.

Элементы V группы

Большинство соединений азота (оксиды, гидриды, кислоты) обладают токсичностью, оказывают поражающее действие на кожу, верхние дыхательные пути и глаза. Монооксид диазота в смеси с кислородом - слабый наркотик, в высоких концентрациях вызывает

удушье. Диоксид азота, пары азотной кислоты раздражают легкие, вызывая их отек. Моноксид азота (см. **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**), гидроксилламин разрушают красные кровяные тельца. Нитрилы сильно расширяют сосуды, снижают кровяное давление.

Аммиак образует с воздухом взрывчатые смеси, а производство нитратов и нитритов относят к числу пожаро- и взрывоопасных. В частности, нитрат и нитрит аммония способны самопроизвольно взрываться с особенно большой силой.

Белый фосфор - сильнодействующий яд, смертельная доза для человека 50-100 мг. Он опасен и в меньших дозах, так как аккумулируется в организме и вызывает некроз (омертвление) костных тканей, разрушение челюстей и выпадение зубов. Фосфин - ядовитый газ, с характерным запахом чеснока и гниющей рыбы. Он действует преимущественно на нервную систему и систему, регулирующую обмен веществ. При концентрации более 0,1 мг/м³ вызывает рвоту, обморок и смерть. Хроническое отравление этим веществом приводит к расстройству зрения и язве желудка. Оксиды фосфора, особенно P_4O_{10} , а также PCl_3 вызывают ожоги кожи и поражения слизистых оболочек.

Фосфаты металлов - одни из наиболее безопасных для человека соединений. Они необходимы для питания, добавляются в тонизирующие и лекарственные препараты, зубные пасты.

За последние 10-25 лет создано очень много токсичных фосфоросодержащих нервнопаралитических газов: зарин, табун, зоман и др. Они всасываются через кожу, глаза, органы дыхания и блокируют деятельность нервной системы, чем и вызывают смерть. Для человека однократное вдыхание этих газов уже является смертельным.

Микроколичества ванадия необходимы для жизнедеятельности животных: при его дефиците замедляется рост и воспроизводство молодняка. Считают, что ванадий ограничивает синтез холестерина у всех теплокровных. Однако при большом содержании (более 0,1 мг/м³) ванадий опасен для человека: его присутствие в воздухе вызывает сухой кашель, насморк, одышку, аэрозоль металлического ванадия при хроническом отравлении снижает содержание эритроцитов и гемоглобина в крови; V_2O_5 поражает конъюнктиву глаз, приводит к расстройству зрения.

Металлический ниобий и тантал, а также их соединения относят к малотоксичным веществам.

Экологическая опасность производства ванадия связана с возможностью выбросов его в атмосферу. Поскольку промышленный выпуск связан с комплексной переработкой цинк-, медь- и свинецсодержащих материалов, то экологические проблемы у них одинаковы.

Элементы VI группы

Озон ядовит для животного и растительного мира. Вдыхание воздуха с содержанием озона 0,002 мг/л уже вызывает кашель, рвоту, головокружение. При постоянной работе с пероксидом водорода наблюдается воспалительное заболевание кожи. При попадании H_2O_2 в желудок появляются боли в животе, задержка дыхания, головные боли. Предельно допустимая концентрация пероксида водорода в воздухе 1,4 мг/м³, при более высоком содержании возможны ожоги слизистых оболочек и дыхательных путей.

Сероводород - токсичное вещество, при его вдыхании наступает обморочное состояние и смерть от паралича дыхательных органов. В присутствии паров органических веществ токсичность H_2S резко возрастает. Такими же ядовитыми являются и пары CS_2 , высокие концентрации сероуглерода действуют наркотически. Селен и теллур, попадая в виде различных соединений в организм человека, действуют аналогично мышьяку. Уже в ничтожных концентрациях газообразные производные селена и теллура вызывают головную боль и раздражение верхних дыхательных путей. В случае отравления селеном и теллуrom появляется неприятный запах от всего тела и из полости рта.

Диоксид серы раздражает верхние дыхательные пути, вызывает спазм бронхов, рвоту и одышку (см. **ПРИЛОЖЕНИЕ 2**). Аэрозоль H_2SO_4 (SO_3+H_2O) более токсичен, чем H_2SO_4 , его

раздражающее действие проявляется уже при 1 мг/м^3 . Серная кислота при попадании на кожу вызывает тяжелые ожоги и глубокие язвы.

Наибольшей токсичность из элементов VI-Б подгруппы обладают соединения хрома (VI): туман хромовой кислоты служит причиной плеврита; при хронических отравлениях отмечается сухой кашель, поражения печени (вплоть до цирроза). Отмечено, что избыток молибдена в организме вызывает подагру - повышенное отложение в суставах мочевой кислоты. Оксид вольфрама (VI) вызывает раздражение верхних дыхательных путей, кожные дерматиты.

Промышленное производство хрома и молибдена при недостаточном контроле за газовыбросами может привести к загрязнению окружающей среды, что грозит человеку появлением легочных заболеваний.

Элементы VII группы

Галогены (кроме иода) принадлежат к токсичным веществам, а фтор является еще и легковоспламеняющимся и взрывчатым продуктом. Жидкие галогены обладают сильным кожепоражающим действием, а газообразные - вызывает даже в очень небольших концентрациях воспаление органов дыхания.

Галогеноводороды оказывают сильное раздражающее воздействие на слизистые оболочки и органы дыхания, разрушают зубную эмаль (см. ПРИЛОЖЕНИЕ 2). Фториды металлов - протоплазматические яды, действующие в основном на ферменты. Избыток фторид-ионов в питьевой воде вреден для зубов, а также для развития костей, как и недостаток этих ионов. При избытке фторид-ионов (более 2 мг/л) в питьевой воде зубы чернеют и легко выпадают.

Оксиды галогенов и межгалогенные соединения - высокотоксичные вещества.

Высокая химическая активность безводной HClO_4 , токсичность и способность к взрывному разложению превращает эту кислоту в очень опасное в обращении вещество. Если хранить безводную HClO_4 в обычных условиях в закрытом сосуде, то через несколько дней она сначала желтеет, затем становится коричнево-красной и, наконец, взрывается. Поэтому окрашенная уже в желтый цвет кислота должна быть немедленно уничтожена.

Микроколичества марганца играют важную роль в жизнедеятельности животных, растений и человека (активируют работу многих ферментов, дефицит марганца в почве приводит к снижению плодородия, а в живых организмах - замедляет рост костных тканей). С опасностью отравления соединениями марганца сталкиваются горные рабочие при добыче пиролюзита и работники химических производств, где производится (или используется) перманганат калия. Общие признаки отравления - жалобы на головную боль, быструю утомляемость, вялость. При хронических отравлениях - изменение кровяного давления, при действии на кожу - дерматит и экзема, разбухание лимфатических желез. Попадание перманганата калия через рот и дыхательные пути в организм человека приводит к пневмонии, воспалениям желудочно-кишечного тракта. По-видимому, таким же действием, но в меньшей степени, обладают соединения рения (VII) - Re_2O_7 и рениевая кислота.

Элементы VIII группы

Из благородных газов наибольшую опасность для человека представляют радиоактивные радон и радиоактивные изотопы ксенона, образующиеся при работе АЭС и на урановых рудниках. Поэтому здесь предусмотрена очистка воздуха, основанная на образовании радоном и ксеноном твердых, нелетучих продуктов.

О токсичности других благородных газов сведений нет, хотя отмечено интересное анестезирующее действие ксенона на биологические объекты.

Вдыхание благородных газов, особенно криптона и ксенона, под давлением вызывает наркотическое действие. В частности, пребывание в атмосфере, содержащей 70% ксенона и кислород, приводит к потере сознания через 2-4 минуты. Вдыхание гелиево-кислородной смеси позволяет водолазам спускаться на большие глубины, чем при вдыхании воздуха.

При атмосферном давлении все благородные газы вредны лишь в той мере, в какой они понижают парциальное давление кислорода. Так, наблюдались случаи гибели людей, проводивших сварочные работы с применением аргона при отсутствии вытяжной вентиляции.

Железо, кобальт и никель - жизненно важные микроэлементы: железо (II) - составная часть гемоглобина крови, являющегося переносчиком кислорода в живом организме; кобальт активирует ряд ферментов, входит в состав витамина B_{12} ; дефицит никеля приводит к заболеваниям печени. Однако в больших дозах соединения никеля и особенно кобальта ядовиты. Образую комплексы с гидросульфидными группами ферментов, кобальт (II) вызывает у человека удушье, отравление его солями проявляется в приступах тошноты, рвоты, болями в сердце, возможны кожные дерматиты. Соединения никеля относят к канцерогенным препаратам, хронические отравления сопровождаются головной болью, головокружением, снижением аппетита.

Токсичность платиновых металлов, в частности родия и палладия, незначительна, соли рутения и осмия вызывают кашель, раздражение верхних дыхательных путей; отравление осмием вызывает слезотечение, появление металлического привкуса во рту. Аналогично действуют соединения платины. Например, попадание внутрь организма $(NH_4)_2[PtCl_6]$ вызывает у человека светобоязнь, приступы астмы; PtO_2 действует прижигающе на кожу, вызывает дерматиты.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ АТМОСФЕРЫ

Оксид углерода (II), угарный газ (CO)

Это газ без цвета и запаха, продукт неполного сгорания топлива. Попадая в кровь (при вдыхании), он способен соединяться с гемоглобином. В результате образуется карбоксигемоглобин, неспособный транспортировать кислород из легких к потребляющим тканям и вызывающий, таким образом, кислородное голодание. При остром отравлении CO появляется общая слабость, шум в голове, головокружение, головная боль, боль в области сердца, тошнота, иногда рвота; затем отравленный перестает ориентироваться в окружающей обстановке, наступает сонливость или, наоборот, возбуждение, иногда судороги и полная потеря сознания. Смерть может наступить или очень быстро, или через несколько часов, иногда через 3-7 дней. Легкие формы острого отравления проходят через несколько часов. При хроническом отравлении CO проявляется раздражительность, нарушение сна, снижение работоспособности и др.

Оксид серы (IV), сернистый газ (SO₂)

Это бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворим в воде. Он ядовит, раздражает слизистые оболочки глаз и дыхательных путей; длительное вдыхание его даже в небольших количествах ведет к хроническим заболеваниям. У животных при вдыхании воздуха, содержащего 10-100 мг/м³ SO₂, наблюдается нарушение углеводного обмена, снижение витаминов B₁ и C, изменение содержания эритроцитов и гемоглобина, фагоцитарной активности лейкоцитов и др. Очень чувствительны к SO₂ хвойные и лиственные деревья, а также люцерна, клевер, хлопчатник, табак, грецкий орех. Сернистый газ накапливается в листьях и хвое, нарушает фотосинтез. Велика роль SO₂ в образовании смога (лондонского типа) и выпадении кислотных дождей (см. ранее).

Оксиды азота II и IV (NO, NO₂)

Они сами по себе ядовиты: раздражают органы дыхания, в больших количествах вызывают сильный кашель, рвоту, иногда головную боль; кроме того, образующиеся при взаимодействии NO₂ с водой азотная и азотистая кислоты могут быть причиной отека легких. Оксиды азота принимают участие в фотохимических реакциях, приводящих к образованию (при определенных метеорологических условиях) фотохимического смога, выпадении кислотных дождей, разрушении озонового слоя (см. ранее). При наличии в воздухе углеводородов происходят сложные реакции, ведущие к образованию высокотоксичных продуктов. Последние (при самоочищении атмосферы) могут загрязнять водоемы и почву. Оксиды азота и другие продукты фотохимического превращения могут вызывать мутагенные изменения в организме человека и животных, появление злокачественных опухолей, а также определенные аномалии в обмене веществ, нарушения в развитии, которые происходят как на клеточном, так и на молекулярном уровне.

Пыль (промышленная)

Это один из основных загрязнителей атмосферы. Вред, причиняемый пылью, является глобальным. Запыленная атмосфера плохо пропускает ультрафиолетовые лучи, обладающие бактерицидным свойством, и препятствует самоочищению атмосферы. Пыль снижает освещенность, что приводит к перерасходу электроэнергии. Пыль засоряет слизистые оболочки дыхательных путей, раздражают кожу. Отрицательное действие задержанной в дыхательных путях пыли во многом зависит от ее растворимости. Одним из компонентов пыли является зола. В биологическом действии золы на организм главное место занимает диоксид кремния (SiO₂), который присутствует в виде аэрозоля. Наиболее вредны частицы пыли размером до 5 мкм. Кварцевая пыль способна задерживаться в альвеолах и проникать в

лимфатические узлы. Другим компонентом пыли является сажа (аморфный углерод). Она хорошо адсорбирует бенз(а)пирен (канцерогенное вещество, вызывающее рак легких). В состав пыли могут также входить оксиды железа и марганца, ванадия.

Углеводороды

Предельные углеводороды (ряд метана) являются сильнейшими наркотиками; практическое действие ослабляется их ничтожной растворимостью в воде и крови. Непредельные углеводороды тоже действуют как наркотики, хотя и несколько слабее, чем предельные. Длительное действие углеводородов на человека приводит к нарушению функций организма, снижению сопротивления к заболеваниям. Высшие члены ряда метана больше вредны вследствие действия на кожу, чем при вдыхании паров. Кожное действие непредельных углеводородов (с одной двойной связью) выражено слабо. Непредельные углеводороды с двумя двойными сопряженными связями (дивинил, изопрен) вызывают головную боль, головокружение, общую усталость, повышенную раздражимость и т.п. Токсичное действие ацетиленов мало. Метилацетилен действует как слабый наркотик. Винацетилен заметно раздражает слизистые оболочки. Отравления и кожные поражения углеводородами наиболее часты на нефтепромыслах, нефтеперерабатывающих заводах, нефтеналивных судах. Следует иметь в виду, что углеводороды составляют значительную часть моторных топлив, применяют в быту в качестве природного газа (метан, пропан-бутан) и др.

Бензол (C_6H_6), толуол ($C_6H_5CH_3$)

Бензол вызывает раздражение кожи; его пары обладают наркотическим действием. При хроническом отравлении поражается сердечно-сосудистая и нервная система. Есть подозрение на канцерогенное и мутагенное действие бензола. Бензол содержится в выбросах основного органического синтеза, нефтехимических и фармацевтических производств, при получении синтетического каучука, искусственных кож, лаков и красок и т.д. Применяется как растворитель красителей, лаков и красок, фармацевтических препаратов, как компонент высокооктанового моторного топлива и др. Толуол в больших концентрациях действует наркотически. Оказывает более сильное влияние на нервную систему, чем бензол. Симптомы: головная боль, тошнота, рвота, потеря сознания. Действие ксилолов сходно с действием толуола.

Летучие растворители (бензин, спирты, эфиры и т.п.)

Это низкокипящие вещества, применяемые для растворения твердых и жидких органических веществ. Все они в той или иной степени токсичны, многие взрывоопасны. Так, ацетон – наркотик, последовательно поражающий все отделы центральной нервной системы.

Хлороводород (HCl)

Это бесцветный газ, растворяющийся в воде (с образованием соляной кислоты). Сильно токсичен; оказывает раздражающее действие, в больших количествах – некроз слизистых оболочек, помутнение роговицы, спазм гортани, отек легких. Содержится в выбросах производств красителей, гидролизного спирта, сахара, клея, желатины и т.д.

Фтороводород (HF)

Это бесцветный газ (жидкость), $t_{кип.} = 19,5^{\circ}C$. Сильно токсичен; сильно раздражает (и прижигает) глаза, дыхательные пути, кожу; вызывает слезо- и слюнотечение, носовое кровотечение, гнойный бронхит, отек легких, поражение мышцы сердца, удушье. Содержится в выбросах производств суперфосфатов, алюминия, красителей, стекла и т.д.

Сероводород (H_2S)

Это бесцветный газ с резким характерным запахом. Сильно токсичен; вызывает головокружение, головную боль, тошноту, рвоту, слезотечение, светобоязнь, конъюнктивит, раздражение дыхательных путей, воспаление и отек легких, поражение мышцы сердца. Содержится в выбросах производств серы, серной кислоты, сернистых красителей, вискозы, фармацевтических препаратов и др.

Сероуглерод (CS_2)

Это бесцветная жидкость, плохо растворяется в воде. Оказывает общетоксическое раздражающее действие; поражает нервную систему, внутренние органы; вызывает головную боль, тошноту, рвоту, расстройство зрения и слуха, изменение психики, судороги. Содержится в выбросах производств вискозы, растворителей, роданидов и др.

Хлор (Cl_2)

Желто-зеленый газ. В малых концентрациях вызывает кашель, удушье, жжение в глазах, дерматит; в больших концентрациях – мгновенную гибель. Содержится в выбросах производств химического синтеза, бумаги, растворителей, дезинфицирующих средств и др.

Дихлорэтан ($C_2H_4Cl_2$)

Бесцветная жидкость. Вызывает дистрофические изменения в печени, а также в почках и других органах. Проникает через кожу. При остром отравлении наблюдается головная боль, сонливость, тошнота, иногда рвота; при хроническом – усталость, тошнота, поносы, раздражение дыхательных путей. Применяется как растворитель (при очистке текстильных материалов, в лакокрасочной промышленности), в составе антидетонаторных смесей.

Тетрахлорметан (CH_4)

Жидкость. Оказывает наркотическое, а также канцерогенное и мутагенное действие. Вызывает тяжелые поражения печени, почек и других органов. При легком отравлении наблюдается головная боль, головокружение, тошнота, рвота; при вдыхании больших концентраций – наркоз, либо потеря памяти, либо внезапная смерть. Содержится в выбросах производств пестицидов, растворителей, фотоматериалов.

Формальдегид (CH_2O)

Это газ, хорошо растворимый в воде. Действует как наркотик, последовательно поражающий все отделы центральной нервной системы. Оказывает также общетоксическое, раздражающее, аллергенное, мутагенное, канцерогенное действие. Содержится в выбросах химических производств, производств строительных материалов и др.

Акролеин (C_3H_4O), акриловый альдегид

Жидкость с резким запахом ($t_{кип.} = 52,5^{\circ}C$). Оказывает аллергенное и мутагенное действие. Есть подозрение на канцерогенное действие. Раздражает слизистые оболочки. Содержится в выбросах электротехнических, нефтехимических, лакокрасочных производств, литейных цехов и др.

Акрилонитрил (C_3H_3N), винилцианид

Жидкость со слабым запахом. Оказывает сильное раздражающее действие. Содержится в выбросах производств фармацевтических препаратов, акриловой кислоты, красителей, клея, ПАВ, синтетических тканей и каучука, пластмасс, пестицидов.

Фенол (C_6H_5OH), карболовая кислота

Твердое вещество с характерным запахом ($t_{пл.} = 41^{\circ}C$). Вызывает раздражение дыхательных путей, расстройство пищеварения, тошноту, рвоту (по утрам), общую и мышечную слабость, потливость, кожный зуд, раздражительность, бессонницу.

Мышьяк (As) и его оксиды

Оказывает общетоксическое, раздражающее, а также канцерогенное действие. При длительном вдыхании малых доз наблюдается исхудание, слабость, конъюнктивиты, заболевания кожи (пигментация), облысение, полиневрит, дегенеративное изменение почек и печени; в больших дозах – слабость, судороги, потери сознания и др. Содержатся в выбросах металлургических производств, производства стекла, фармацевтических препаратов и т. д.

Свинец (Pb)

Оказывает общетоксическое, а также канцерогенное и мутагенное действие; вызывает металлический вкус во рту, слюнотечение, головную боль, рвоту, повышенное внутричерепное давление; поражает центральную и периферическую нервную систему, сосуды. Неорганические соединения свинца (содержащиеся, например, в выхлопных газах) попадают в организм человека чаще всего через дыхательные пути и пищеварительный тракт, органические соединения – с пищей и водой. С выбросами свинца приходится встречаться при получении соединений свинца и свинцовых красителей, производстве аккумуляторов, кабелей, батарей (электрических) и т. п.

Ртуть (Hg)

Сильно токсична. Всасывается неповрежденной кожей; оказывает общетоксическое, раздражающее, аллергическое, канцерогенное действие; вызывает повышенную утомленность, сонливость, потерю аппетита, головную боль, дрожание рук (век, языка), боли при глотании, кровотечение из десен и образование на деснах темной каймы («ртутная кайма»), нервные расстройства, поражение почек и печени. С выбросами ртути приходится сталкиваться при получении ртутьорганических соединений, лабораторных реактивов, уксусной кислоты (из ацетилена), хлора (электролитическим способом), производстве физических приборов, ртутных ламп, зуботехнических протезов, амальгам и т. п.

Марганец (Mn)

Оказывает общетоксическое, раздражающее, канцерогенное, мутагенное действие; вызывает слабость, расстройство психики и др. Металлический марганец содержится в выбросах металлургических и машиностроительных заводов, борат марганца – в выбросах производств лаков, красок, масел; силикат марганца – выбросах производств красителей, специальных стекол и т. д.

Оксид ванадия (V) (V_2O_5)

Вызывает поражение бронхов (бронхопневмония), отек легких, дистрофические изменения во внутренних органах, органах дыхания, кровообращения, нервной системы, обмена веществ и др.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

*ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ (ПДК) И НОРМАТИВЫ
НА НЕКОТОРЫЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА В ВОДЕ*

Таблица 2

№ п/п	Показатель	Норматив	
		вода водоемов хозяйственно-питьевого (х/п) и культурно-бытового (к/б) значения	питьевая вода (ГОСТ 2874-82)
1	рН (водородный показатель)	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0
2	Окраска	х/п – не обнаруживается на столбике 20 см, к/б – не обнаруживается на столбике 10 см	-
3	Мутность	-	1,5 по стандартной шкале, мг/л
4	Запах	менее 2 баллов	2 балла (при 20 и 60°С)
5	С/о (сухой остаток)	менее 1000 мг/л	1000 мг/л
6	Окисляемость	х/п – 15 мг 0/л к/б – 30 мг 0/л	не нормирована
7	Растворенный кислород	более 4 мг/л	-
8	Общая жесткость	до 7 ммоль-экв/л	7 ммоль-экв/л
9	Нефтепродукты		
	а) многосернистая нефть	0,1 мг/л	-
	б) для прочих видов нефти	0,3 мг/л	-
	в) бензин	0,1 мг/л	-
	г) керосин окисленный, технический	0,01 мг/л	-
10	Большинство ПАВ	0,5 мг/л	-

*ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ***Прозрачность**

Прозрачность воды определяется содержанием в ней окрашенных и взвешенных веществ органического и минерального происхождения. Мера прозрачности – высота водяного столба, сквозь которой еще можно различить на белой бумаге шрифт определенного размера и типа. Метод дает лишь ориентировочные результаты.

Оборудование: стеклянный цилиндр, градуированный по высоте в сантиметрах, высота цилиндра 30-50 см, внутренний диаметр 2,5 см; стандартный шрифт с высотой букв 3,5 мм.

Ход определения

Определение проводят в хорошо освещенном помещении, но не на прямом свете, на расстоянии от окна 1 м. Цилиндр устанавливают неподвижно над стандартным шрифтом. Цилиндр наполняют пробой исследуемой воды до такой высоты, чтобы рассматриваемые сверху буквы стали плохо различимы. Прозрачность по шрифту выражают в см высоты водяного столба и определяют с точностью до 0,5 см. Измерение повторяют 3 раза и за окончательный результат принимают среднее значение.

Цветность

Окрашивание природных вод обусловлено наличием гуминовых веществ и соединений железа. Цвет воды, содержащей большое количество взвешенных веществ, определяют после фильтрования или отстаивания (через 2 часа после отбора пробы).

Оборудование: 2 плоскодонных цилиндра из бесцветного стекла, отградуированных в сантиметрах.

Ход определения

В первый цилиндр наливают пробу воды до отметки 10 или 20 см. Второй цилиндр заполняют до той же высоты дистиллированной водой. Оба цилиндра рассматриваются сверху на белом фоне при дневном освещении. При повышенной окраске пробу разбавляют дистиллированной водой до тех пор, пока цвет разбавленной пробы и дистиллированной воды не станет одинаковым. Данное разбавление будет являться показателем того, во сколько раз исследуемая вода по цветности превышает норму.

Для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой 20 см, для водоемов культурно-бытового назначения – 10 см.

Запах

Запах воды обусловлен наличием в ней летучих пахнущих веществ, которые попадают в нее естественным путем или со сточными водами. Определение основано на органолептическом исследовании характера и интенсивности запаха воды при 20 и 60°C.

Оборудование: конические широкогорлые колбы на 500 мл, мерный цилиндр на 250 мл, водяная баня, термометр лабораторный (от 0 до 100°C).

Ход определения

В коническую колбу наливают 250 мл исследуемой воды при 20°C, накрывают колбу часовым стеклом, встряхивают вращательным движением, сдвигают в сторону часовое стекло и быстро определяют характер и интенсивность запаха. Затем колбу с пробой накрывают часовым стеклом, нагревают на водяной бане до 60°C, встряхивают, открывают колбу и устанавливают характер и интенсивность запаха (см. табл. 3 и 4).

Запахи искусственного происхождения (от промышленных выбросов, для питьевой воды – от обработки воды реагентами на водопроводных сооружениях и т.п.) называются по соответствующим веществам: хлорфенольный, камфорный, бензиновый, хлорный и т.п.

Характер и род запаха воды естественного происхождения

Характер запаха	Примерный род запаха
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, сточной воды
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прельный, свежевспаханной земли, глинистый
Плесневый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбы, рыбьего жира
Сероводородный	Тухлых яиц
Травянистый	Скошенной травы, сена
Неопределенный	Не подходящий под предыдущие определения

Таблица 4

Интенсивность запаха воды

Балл	Характеристика интенсивности	Качественная характеристика появления запаха
0	Никакой	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабая	Запах, не поддающийся обнаружению потребителем, но обнаруживающийся в лаборатории опытным исследователем
2	Слабая	Запах обнаруживается, если на него обратить внимание
3	Заметная	Запах легко обнаруживается; может вызвать неодобрительный отзыв о воде
4	Отчетливая	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду непригодной для питья
5	Очень сильная	Запах настолько сильный, что вода совершенно непригодна для питья

Сухой остаток

Сухой остаток характеризует общее содержание растворенных в воде минеральных и органических веществ, температура кипения которых превышает 105 °С, нелетучих с водяным паром и неразлагающихся при указанной температуре. Метод определения сухого остатка растворенных веществ заключается в выпаривании профильтрованной пробы, высушивании остатка при 105°С до постоянной массы и взвешивании. Результаты выражаются в миллиграммах на 1 л воды.

Оборудование: фарфоровые чашки, доведенные до постоянной массы при 103 °С (первая сушка – 2 ч, вторая – 30 мин, последующие – 30 мин); сушильный шкаф (105 С); фильтры бумажные («синяя лента»); цилиндр мерный на 250-500 мл.

Ход определения:

В фарфоровую чашку помещают 250-500 мл профильтрованной воды и выпаривают досуха на водяной бане. Затем чашку помещают в сушильный шкаф и сушат до постоянной массы при 105°С

$$C.O. = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 1000}{V},$$

где *C.O.* – сухой остаток, мг/л; *m*₁ – масса пустой чашки, мг; *m*₂ – масса чашки с сухим остатком, мг, *V* – объем пробы, мл.

Общее содержание примесей – сумма всех растворенных и взвешенных веществ, которые определяют выпариванием пробы воды, высушиванием полученного остатка при 105°С и взвешиванием. Проба воды не фильтруется. Методика определения и расчеты те же, что и при определении сухого остатка растворенных веществ.

Водородный показатель (pH)

Оценивать значение pH можно разными способами.

1. Приближенное значение pH определяют следующим образом. В пробирку наливают 5 мл исследуемой воды, 0,1 мл универсального индикатора, перемешивают и по окраске раствора определяют pH:

- розово-оранжевая – pH около 5;
- светло-желтая – 6;
- зеленовато-голубая – 8.

2. Можно определить pH с помощью универсальной индикаторной бумаги, сравнивая ее окраску со шкалой.

Кислотность

Кислотностью называют содержание в воде веществ, вступающих в реакцию со щелочами. Расход основания выражает общую кислотность воды.

Кислотность природных вод обусловлена наличием растворенного диоксида углерода, а также гуминовых кислот (pH, как правило, не ниже 4,5). Если в водоемы попадают сточные воды, содержащие большое количество кислых примесей (сильные кислоты и их кислые соли), то pH снижается.

Кислотность воды определяют титрованием раствором сильного основания. Количество щелочи, израсходованное до получения pH=4,5, соответствует свободной кислотности; количество щелочи, израсходованное до получения pH=8,3, соответствует общей кислотности.

Общую и свободную кислотность выражают в моль(э) на 1 л воды.

Оборудование и реактивы: бюретка на 25 мл; колбы конические для титрования на 200-250 мл; раствор гидроксида натрия, 0,1 моль/л; метилоранж, 0,1% водный раствор; фенолфталеин, 0,5% водноспиртовой раствор.

Ход определения

1. Свободная кислотность ($K_{св.}$)

К 100 мл пробы добавляют две капли метилоранжа и титруют на белом фоне щелочью до появления желтой окраски.

2. Общая кислотность ($K_{общ.}$)

К 100 мл пробы добавляют три капли фенолфталеина и титруют на белом фоне щелочью до появления розовой окраски.

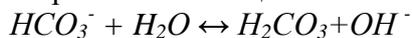
Расчеты:
$$K_{св.} = \frac{a \cdot 0,1 \cdot 1000}{V}, \quad K_{общ.} = \frac{b \cdot 0,1 \cdot 1000}{V}.$$

Здесь a и b – объемы щелочи в мл, израсходованный на титрование по метилоранжу и фенолфталеину соответственно; V – объем пробы воды, мл.

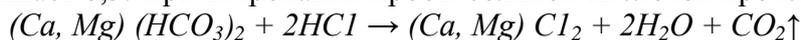
Для определения водородного показателя воды (pH), характеризующего равновесную концентрацию ионов водорода, можно использовать универсальную индикаторную бумагу с диапазоном pH 1-12. Для более точного измерения pH применяют приборы: pH-метры или ионометры.

Щелочность и временная жесткость

Щелочностью называется содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными кислотами, т.е. с ионами водорода. Щелочность природных вод обычно обусловлена присутствием гидрокарбонатов кальция и магния вследствие их гидролиза:



Поэтому общая щелочность практически соответствует содержанию гидрокарбонатов и тем самым выражает временную (карбонатную) жесткость. В этом случае pH воды не превышает 8,3. При титровании пробы соляной кислотой протекает реакция



и момент окончания реакции определяется изменением окраски индикатора метилоранжа.

Наличие растворимых карбонатов и гидроксидов повышает значение pH более 8,3. Часть общей щелочности, которая соответствует количеству кислоты, нужному для понижения pH до 8,3, называется свободной щелочностью воды. Если pH воды меньше 4,5, то ее щелочность равна нулю. Результаты определения выражаются в моль(э)/л (**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**). Щелочность следует определить сразу после взятия пробы.

Оборудование и реактивы: бюретка; колбы конические на 250 мл; соляная кислота, 0,1 моль/л; фенолфталеин, метилоранж.

Ход определения

1. Свободная щелочность ($Щ_{св.}$)

К 100 мл пробы добавляют две капли раствора фенолфталеина и титруют на белом фоне соляной кислотой до полного обесцвечивания.

2. Общая щелочность ($Щ_{общ.}$)

К 100 мл пробы добавляют две капли раствора метилоранжа и титруют соляной кислотой на белом фоне до перехода окраски индикатора из желтого в бледно-розовую.

$$\text{Расчеты: } Щ_{св.} = \frac{a \cdot 0,1 \cdot 1000}{V}, \quad Щ_{общ.} = \frac{b \cdot 0,1 \cdot 1000}{V} .$$

Здесь a и b – объемы раствора соляной кислоты (0,1 моль/л), мл; V – объем воды, взятой для титрования, мл.

Если свободная щелочность отсутствует, то полученное значение общей щелочности будет соответствовать временной жесткости:

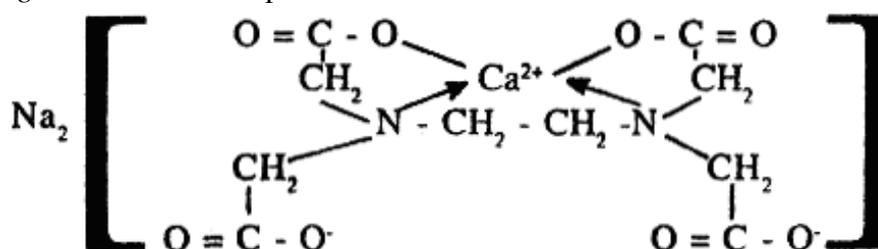
$$Щ_{общ.} = Ж_{вр.} .$$

При наличии свободной щелочности временную жесткость рассчитывают по формуле

$$Ж_{вр.} = \frac{(b - a) \cdot 0,1 \cdot 1000}{V}, \text{ (моль(э)/л).}$$

Общая жесткость

Общую жесткость воды определяют методом комплексонометрического титрования, основанного на образовании прочного соединения трилона Б с ионами кальция и магния. Титрование воды проводят в присутствии индикаторов хромогенов в слабощелочной среде, которую создают аммиачным буферным раствором, содержащим NH_4OH и NH_4Cl . При этом ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} связываются трилоном Б в комплексные соединения:



Изменение окраски индикатора от красно-фиолетовой до сине-фиолетовой свидетельствует о полном связывании в воде трилоном Б ионов кальция и магния. Общую жесткость воды ($Ж_о$, моль(э)/л.) рассчитывают по формуле

$$Ж_о = \frac{V_1 \cdot C \cdot 1000}{V_2},$$

где V_1 – объем трилона Б, пошедшего на титрование пробы воды, мл; C – концентрация раствора трилона Б, моль/л; V_2 – объем воды, взятой для определения, мл.

Реактивы и оборудование: раствор трилона Б 0,1 моль(э)/л; аммиачный буферный раствор; хромоген синий или черный; конические колбы на 250 мл; бюретка на 25 мл; цилиндры мерные на 25 и 100 мл.

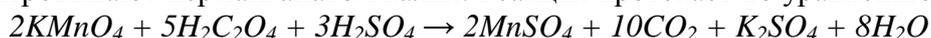
Ход определения

В коническую колбу отмеряют 100 мл воды, добавляют 5 мл буферного раствора, 5-7 капель индикатора и титруют при сильном взбалтывании раствором трилона Б до изменения окраски.

Окисляемость

Окисляемость воды – та масса кислорода (в мг), которая идет на окисление органических веществ, содержащихся в 1 л воды. Следовательно, окисляемость – один из показателей загрязненности воды органическими примесями.

Окисляемость воды определяют методом перманганатометрии. К прокипяченной пробе с $KMnO_4$ прибавляют избыток щавелевой кислоты. При этом часть ее окисляется оставшимся после кипячения перманганатом калия, а остальное количество щавелевой кислоты оттитровывают перманганатом калия. Реакция протекает по уравнению



Реактивы и оборудование: растворы перманганата калия (0,1 моль(э)/л), щавелевой кислоты (0,1 моль(э)/л) и серной кислоты (2,5 моль(э)/л); колбы конические на 250 мл; пипетки или цилиндры на 100 мл; бюретки.

Порядок выполнения работы

1. Определение концентрации раствора перманганата калия по щавелевой кислоте. Для этого в коническую колбу отмеряют пипеткой 5 мл раствора щавелевой кислоты, прибавляют 5 мл раствора серной кислоты (для создания кислой среды), нагревают до 70-80°C (не допуская кипения, при котором щавелевая кислота разлагается) и титруют раствором перманганата калия до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1-2 минут. Первые капли раствора $KMnO_4$ добавляют медленно при непрерывном взбалтывании, дожидаясь полного обесцвечивания раствора. По мере образования сульфата марганца, играющего роль катализатора, скорость реакции возрастает.

Титрование проводят не менее трех раз, определяют средний объем раствора $KMnO_4$ и рассчитывают концентрацию (моль(э)/л)

$$C = \frac{V_1 \cdot C_1}{V_2},$$

где C_1 – молярная концентрация эквивалента щавелевой кислоты, моль(э)/л; V_1 и V_2 – объемы растворов щавелевой кислоты и перманганата калия, мл.

2. Определение окисляемости. В коническую колбу отмеряют 100 мл исследуемой воды, прибавляют 5 мл серной кислоты и из бюретки приливают 5 мл раствора перманганата калия. Колбу закрывают воронкой, смесь кипятят 10 минут, считая с момента закипания. Чтобы не было бурного кипения, в колбу помещают стеклянные капилляры. К горячей окрашенной жидкости приливают из бюретки 5 мл раствора щавелевой кислоты и перемешивают. Горячий обесцвеченный раствор титруют раствором перманганата калия (0,1 моль(э)/л) до появления слабо-розовой окраски.

Если при титровании после введения в исследуемую воду щавелевой кислоты расход перманганата калия будет более 5 мл, анализ следует построить с предварительным разбавлением исследуемой воды дистиллированной. При этом необходимо определить окисляемость дистиллированной воды, а также учесть кратность разбавления. Окисляемость воды ($m(O)_2$ в мг/л) рассчитывают по формуле

$$m(O)_2 = \frac{(V_1 - (V_2 + V_3)) \cdot C \cdot 31,6 \cdot 0,253 \cdot 1000}{V_4},$$

где V_1 – общий объем раствора перманганата калия, добавленного в пробу, мл; V_2 – объем раствора $KMnO_4$, идущего на окисление органических веществ в дистиллированной воде, введенной в пробу для разбавления исследуемой воды, мл; V_3 – объем раствора $KMnO_4$, идущего на окисление 5 мл раствора щавелевой кислоты, мл (определяется в первом опыте); V_4 – объем исследуемой воды, мл; C – концентрация раствора $KMnO_4$, моль(э)/л; 31,6 –

молярная масса эквивалента $KMnO_4$, г/ моль(э); 0,253 – коэффициент пересчета окисляемости воды на кислород.

Пример расчета. Исследуемая вода разбавлена в 10 раз (1 объем исследуемой воды и 9 объемов дистиллированной). Окисляемость полученной смеси, вычисленная по приведенной формуле, составляет 8,4 мг/л кислорода. Окисляемость дистиллированной воды равна 0,4 мг/л кислорода. Следовательно, окисляемость исследуемой воды составляет $8,4 - 0,4 \cdot 0,9 = 8,04$ (мг/л).

Нефтепродукты

Предельно допустимые концентрации нефтепродуктов в воде приведены в **ПРИЛОЖЕНИИ 3**.

Загрязнение водоемов пленочной нефтью и нефтепродуктами определяют визуально-описательно (как показатель «плавающие примеси») по 5-балльной шкале.

Таблица 4

Внешний вид водоема	Балл
Отсутствие пленок и пятен	1
Отдельные пятна и серые пленки на поверхности воды	2
Пятна и пленки на поверхности воды. Отдельные промазки нефти по берегам и прибрежной растительности, купаться неприятно из-за нефти	3
Нефть в виде пятен и пленок покрывает большую часть поверхности водоема. Берега и прибрежная растительность вымазаны нефтью. Купаться невозможно	4
Поверхность водоема покрыта нефтью, видимой и во время волнения. Берега и прибрежные сооружения вымазаны нефтью. Купаться невозможно	5

Определение нитратов и нитритов

Предельно допустимая концентрация нитритов (NO_2^-) в питьевой воде водоемов составляет 3,3 мг/л, нитратов (NO_3^-) – 45 мг/л.

На часовое или предметное стекло помещают 3 капли раствора дифениламина, приготовленного на концентрированной серной кислоте, и 1-2 капли исследуемой воды. В присутствии нитрат- и нитрит-ионов появляется синее окрашивание, интенсивность которого зависит от их концентрации.

Определение хлоридов и сульфатов

Концентрация хлоридов в водоемах-источниках водоснабжения допускается до 350 мг/л.

В водах рек северной части России хлоридов содержится обычно немного, не более 10 мг/л, в южных районах – до десятков и сотен мг/л. Много хлоридов попадает в водоемы со сбросами хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. Этот показатель весьма важен при оценке санитарного состояния водоема.

Качественное определение хлоридов с приближенной количественной оценкой проводят следующим образом. В пробирку отбирают 5 мл исследуемой воды и добавляют 3 капли 10% раствора нитрата серебра. Приблизительное содержание хлоридов определяют по осадку или помутнению (см. табл. 5).

Качественное определение хлоридов проводят титрованием пробы анализируемой воды нитратом серебра в присутствии хромата калия как индикатора. Нитрат серебра дает с хлорид-ионами белый осадок, а с хроматом калия – кирпично-красный осадок хромата серебра. Из образовавшихся осадков меньшей растворимостью обладает хлорид серебра. Поэтому лишь после того, как хлорид-ионы будут связаны, начинается образование красного хромата серебра. Появление слабо-оранжевой окраски свидетельствует о конце реакции. Титрование можно проводить в нейтральной или слабощелочной среде. Кислую анализируемую воду нейтрализуют гидрокарбонатом натрия.

Определение содержания хлоридов

Осадок или помутнение	Концентрация хлоридов, мг/л
Опалесценция или слабая муть	1-10
Сильная муть	10-50
Образуются хлопья, но осаждаются не сразу	50-100
Белый объемистый осадок	более 100

В коническую колбу помещают 100 мл воды, прибавляют 1 мл 5 % раствора хромата калия и титруют 0,05 Н раствором нитрата серебра при постоянном взбалтывании до появления слабо-красного окрашивания.

Содержание хлоридов (X) в мг/л вычисляют по формуле

$$X = \frac{1,773 \cdot V \cdot 1000}{100},$$

где 1,773 – масса хлорид-ионов (мг), эквивалентная 1 мл точно 0,05 Н раствора нитрата серебра; V – объем раствора нитрата серебра, затраченного на титрование, мл.

Качественное определение сульфатов с приближенной количественной оценкой проводят так. В пробирку вносят 10 мл исследуемой воды, 0,5 мл соляной кислоты (1 : 5) и 2 мл 5 % раствора хлорида бария, перемешивают. По характеру выпавшего осадка определяют ориентировочное содержание сульфатов: при отсутствии мути концентрация сульфат-ионов менее 5 мг/л; при слабой мути, появляющейся не сразу, а через несколько минут, – 5-10 мг/л; при слабой мути, появляющейся сразу после добавления хлорида бария, – 10-100 мг/л; сильная, быстро оседающая муть свидетельствует о достаточно высоком содержании сульфат-ионов (более 100 мг/л).

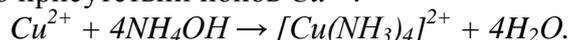
Качественное обнаружение катионов тяжелых металлов

Обнаружение свинца. В пробирку с пробой воды вносят по 1 мг 50% раствора уксусной кислоты и перемешивают. Добавляют по 0,5 мл 10% раствора дихромата калия, при наличии в исследуемой пробе ионов свинца выпадает желтый осадок хромата свинца.

Обнаружение железа. Предельно допустимая концентрация общего железа в воде водоемов и питьевой воде составляет 0,3 мг/л, лимитирующий показатель вредности органолептический.

Обнаружение общего железа. В пробирку помещают 10 мл исследуемой воды, прибавляют 1 каплю концентрированной азотной кислоты, несколько капель раствора пероксида водорода и примерно 0,5 мл раствора роданида калия. При содержании железа 0,1 мг/л появляется розовое окрашивание, а при более высоком – красное.

Качественное обнаружение меди. В фарфоровую чашку помещают 3-5 мл исследуемой воды, осторожно выпаривают досуха и наносят на периферийную часть пятна каплю концентрированного раствора аммиака. Появление интенсивно-синей или фиолетовой окраски свидетельствует о присутствии ионов Cu^{2+} :



ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ БЫТОВОГО И НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МУСОРА

Пищевые отходы

Ущерб природе: практически не наносит. Используется для питания различными организмами.

Вред человеку: гниющие пищевые отходы – рассадник микробов. При гниении выделяют дурно пахнущие и ядовитые в больших концентрациях вещества.

Пути разложения: используются в пищу разными микроорганизмами.

Конечный продукт разложения: тела организмов, углекислый газ и вода.

Время разложения: 1 – 2 недели.

Способ вторичного использования (в любых масштабах): компостирование.

Наименее опасный способ обезвреживания (в малых масштабах): компостирование.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: перегной.

Категорически запрещено бросать в огонь, так как могут образоваться диоксины.

Макулатура

Материал: бумага, иногда пропитанная воском и покрытая различными красками.

Ущерб природе: собственно бумага ущерба не наносит. Целлюлоза, входящая в состав бумаги, - естественный природный материал. Однако краска, которой покрыта бумага, может выделять ядовитые вещества.

Вред человеку: краска может выделять при разложении ядовитые вещества.

Пути разложения: используются в пищу некоторыми микроорганизмами.

Конечный продукт разложения: перегной, тела различных организмов, углекислый газ и вода.

Время разложения: 2 – 3 года.

Способ вторичного использования (в любых масштабах): переработка на оберточную бумагу.

Способ вторичного использования (в малых масштабах): компостирование.

Наименее опасный способ обезвреживания (в малых масштабах): сжигание.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: углекислый газ, вода, зола.

Категорически запрещено сжигать бумагу в присутствии пищевых продуктов, так как могут образоваться диоксины..

Изделия из тканей

Ткани бывают синтетические (при нагревании плавятся) и натуральные (при нагревании обугливаются). Все, написанное ниже, относится к натуральным тканям. Про синтетические ткани см. в разделе «Изделия из пластмасс, не содержащих хлора».

Ущерб природе: не наносит. Целлюлоза, входящая в состав тканей, - естественный природный материал.

Пути разложения: используются в пищу некоторыми микроорганизмами.

Конечный продукт разложения: перегной, тела различных организмов, углекислый газ и вода.

Время разложения: 2 – 3 года.

Способ вторичного использования (в любых масштабах): переработка на оберточную бумагу.

Способ вторичного использования (в малых масштабах): компостирование.

Наименее опасный способ обезвреживания (в малых масштабах): сжигание в условиях, обеспечивающих полноту сгорания.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: углекислый газ, вода, зола.

Деревянные изделия

Материал: дерево.

Ущерб природе: не наносит. Естественный природный материал.

Вред человеку: могут вызвать травму.

Пути разложения: используются в пищу некоторыми микроорганизмами.

Конечный продукт разложения: перегной, тела микроорганизмов, углекислый газ и вода.

Время разложения: несколько десятков лет.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): переработка на бумагу или ДСП.

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): сжигание.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: углекислый газ, вода.

Консервные банки

Материал: оцинкованное или покрытое оловом железо.

Ущерб природе: соединения цинка, олова и железа ядовиты для многих организмов. Острые края банок травмируют животных.

Вред человеку: ранят при хождении босиком. В банках накапливается вода, в которой развиваются личинки кровососущих насекомых. Соединения цинка и олова, входящие в состав банок, ядовиты для человека.

Пути разложения: под действием кислорода железо медленно окисляется до оксида железа Fe_3O_4 (ржавчина), который в некоторых условиях растворяется. Остатки цинкового или оловянного покрытия препятствуют его окислению.

Конечный продукт разложения: мелкие куски ржавчины или растворимые соли железа.

Время разложения: на земле – несколько десятков лет, в пресной воде – около десяти лет, в соленой – 1 – 2 года.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): переплавка вместе с металлоломом.

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): захоронение после предварительного обжига (для разрушения цинкового или оловянного покрытия).

Продукты, образующиеся при обезвреживании: оксиды или растворимые соли железа, цинка и олова.

Металлолом

Материал: железо или чугун.

Ущерб природе: соединения железа ядовиты для многих организмов. Куски металлов травмируют животных.

Вред человеку: вызывает различные травмы.

Пути разложения: под действием растворенного в воде или находящегося в воздухе кислорода железо медленно окисляется до оксида железа Fe_3O_4 (ржавчина), который в некоторых условиях (кислые воды) растворяется.

Конечный продукт разложения: порошок ржавчины или растворимые соли железа.

Скорость разложения: на земле – 1 мм в глубину за 10 - 20 лет, в пресной воде - 1 мм в глубину 3-5 лет, в соленой воде - 1 мм в глубину за 1 – 2 года.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): переплавка.

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): вывоз на свалку или захоронение.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: оксиды или растворимые соли железа.

Фольга

Материал: алюминий.

Ущерб природе: практически не наносит.

Пути разложения: под действием кислорода медленно окисляется до оксида алюминия Al_2O_3 , который в некоторых условиях (кислые воды) растворяется.

Конечный продукт разложения: оксид или соли алюминия.

Время разложения: на земле – несколько десятков лет, в пресной воде – несколько лет, в соленой – 1 – 2 года.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): переплавка.

Наименее опасный способ обезвреживания (в больших масштабах): вывоз на свалку.

Наименее опасный способ обезвреживания (в небольших масштабах): захоронение.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: оксид алюминия.

Банки из-под пива и других напитков

Материал: алюминий и его сплавы.

Ущерб природе: острые края банок травмируют животных.

Вред человеку: в банках накапливается вода, в которой развиваются личинки кровососущих насекомых.

Пути разложения: под действием кислорода медленно окисляется до оксида алюминия Al_2O_3 , который в некоторых условиях (кислые воды) растворяется.

Конечный продукт разложения: оксид или соли алюминия.

Время разложения: на земле – сотни лет, в пресной воде – несколько десятков лет, в соленой – несколько лет.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): переплавка.

Наименее опасный способ обезвреживания (в небольших масштабах): захоронение.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: оксид алюминия.

Стеклотара (бутылки, банки)

Материал: стекло.

Ущерб природе: битая стеклотара может вызвать ранения животных, а целая – превращаться в битую. Может фокусировать солнечные лучи и вызывать пожары.

Вред человеку: битая стеклотара может наносить ранения, а целая – превращаться в битую. В банках накапливается вода, в которой развиваются личинки кровососущих насекомых.

Пути разложения: медленно растрескивается и рассыпается от перепадов температур; стекло постепенно кристаллизуется и рассыпается; очень медленно растворяется в воде. В первую очередь такие процессы протекают на острых кромках осколков.

Конечный продукт разложения: мелкая стеклянная крошка, по виду неотличимая от песка.

Время разложения: на земле – сотни лет, в спокойной воде – около ста лет, в полосе прибоя – 1-2 года.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): использование по прямому назначению или переплавка.

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): вывоз на свалку или захоронение.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: стеклянная крошка (процесс идет очень долго).

Кирпич

Материал: обожженный алюмосиликат.

Ущерб природе: практически не наносит. Аналог естественных камней.

Вред человеку: может наносить травмы.

Пути разложения: медленно растрескивается и рассыпается от перепадов температур.

Конечный продукт разложения: мелкая кирпичная крошка.

Время разложения: на земле – несколько тысяч лет, в спокойной воде – около сотен лет, в полосе приобья - несколько лет.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): переработка в крошку и использование при изготовлении стройматериалов и дорожных покрытий.

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): захоронение.

Изделия из пластмасс, не содержащих хлора (прозрачные пакеты (полиэтилен), пористые обувные подошвы (полиуретан), пластмассовые бутылки (полиэтилентерефталат), пенопласт, корпуса шариковых ручек, одноразовая посуда (полистирол))

Признак, позволяющий отличить их от хлорсодержащих пластмасс: при аккуратном нагревании плавятся.

Ущерб природе: препятствуют газообмену в почвах и водоемах. Могут быть проглочены животными, что приводит к гибели последних. Кроме того, пластмассы могут выделять токсичные для многих организмов вещества.

Вред человеку: пластмассы могут выделять при разложении ядовитые вещества.

Пути разложения: медленно окисляются кислородом воздуха. Очень медленно разрушаются под действием солнечных лучей.

Конечный продукт разложения: углекислый газ и вода.

Время разложения: около ста лет, может быть больше.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): переплавка.

Способ вторичного использования (в малых масштабах): сжигание.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: углекислый газ, вода.

Категорически запрещено сжигать указанные материалы в присутствии пищевых продуктов, так как могут образоваться диоксины..

Изделия из хлорсодержащих пластмасс (непрозрачные тетрадные обложки, изоляция проводов, игрушки и т.д. (поливинилхлорид))

Ущерб природе: препятствуют газообмену в почвах и водоемах. Выделяют токсичные для многих организмов вещества. Могут быть проглочены животными, что приводит к гибели последних.

Вред человеку: выделяют при разложении ядовитые вещества.

Пути разложения: очень медленно окисляются кислородом. Очень медленно разрушаются под действием солнечных лучей.

Конечный продукт разложения: углекислый газ, вода и хлороводород.

Время разложения: на земле и в пресной воде – несколько сотен лет, в соленой воде – несколько десятков лет.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): не существует (из-за технологических трудностей).

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): вывоз на свалку.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: углекислый газ, вода, хлороводород, ядовитые хлорорганические соединения..

Категорически запрещено сжигать указанные материалы, так как при этом образуются огромные количества диоксинов.

Изделия из пластмасс не известного состава

Ущерб природе: препятствуют газообмену в почвах и водоемах. Могут быть проглочены животными, что приводит к гибели последних. Могут выделять токсичные для многих организмов вещества.

Вред человеку: могут выделять при разложении ядовитые вещества.

Пути разложения: медленно окисляются кислородом воздуха. Очень медленно разрушаются под действием солнечных лучей.

Время разложения: зависит от пластмассы. Обычно – около 100 лет, может быть больше.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): зависит от пластмассы (как правило – переплавка). Для многих пластмасс способов вторичного использования не существует (из-за трудностей определения конкретной пластмассы).

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): захоронение.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: зависят от пластмассы. Обычно углекислый газ, вода, азот, аммиак, хлороводород, серная кислота, ядовитые хлорорганические соединения.

Категорически запрещено сжигать указанные материалы, так как могут образоваться огромные количества диоксинов.

Упаковка для пищевых продуктов

Материал: бумага и различные виды пластмасс, в том числе хлорсодержащих. Иногда – алюминиевая фольга.

Ущерб природе: могут быть проглочены крупными животными, что приводит к гибели последних.

Пути разложения: медленно окисляются кислородом воздуха. Очень медленно разрушаются под действием солнечных лучей. Иногда используется в пищу некоторыми микроорганизмами.

Конечный продукт разложения: углекислый газ и вода.

Время разложения: зависит от изделия. Обычно - десятки лет, может быть больше.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): как правило не существует (из-за трудностей разделения на компоненты).

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): захоронение.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: зависят от пластмассы. Обычно углекислый газ, вода, хлороводород, ядовитые хлорорганические соединения.

Категорически запрещено сжигать указанные материалы, так как при этом могут образоваться диоксины.

Батарейки

Очень опасный мусор!

Материал: цинк, уголь, оксид марганца (IV).

Ущерб природе: соединения марганца и цинка, входящие в состав батареек, ядовиты для многих организмов.

Вред человеку: соединения марганца и цинка, входящие в состав батареек, ядовиты для человека.

Пути разложения: цинк медленно окисляется под действием растворенного в воде кислорода. Оксид марганца (IV) медленно восстанавливается под действием растворенных в воде органических соединений и растворяется. Уголь практически не разлагается.

Конечный продукт разложения: соли цинка и марганца.

Время разложения: на земле – около 10 лет, в спокойной воде – несколько лет, в соленой воде – около 1 года.

Способ вторичного использования (в малых масштабах): цинк можно использовать в школьной лаборатории для получения водорода, оксид марганца (IV) – для получения хлора или перманганата калия.

Способ вторичного использования (в больших масштабах): не существует (из-за трудностей централизованного сбора).

Наименее опасный способ обезвреживания (в любых масштабах): вывоз на свалку.

Продукты, образующиеся при обезвреживании: соли цинка и марганца.