

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

**И.А. Екимова**

**Учебно-методический комплекс по дисциплине**

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В  
ТЕХНОСФЕРЕ**

**Томск 2012**

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой РЭТЭМ, д.т.н.  
\_\_\_\_\_ В.И. Туев  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

**Физико-химические процессы в техносфере**

Учебно-методический комплекс по дисциплине

**2012**

Екимова И.А. Физико-химические процессы в техносфере. Учебно-методический комплекс по дисциплине. – Томск: 2012. – 43 с.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Физико-химические процессы в техносфере» предназначен для студентов, обучающихся по специальностям «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и «Техносферная безопасность». Включает методические рекомендации для студентов и преподавателей, материалы промежуточного и итогового контроля знаний студентов, краткое описание лабораторных работ, глоссарий.

© Екимова И.А., 2012

© Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), 2012

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В КУРСЕ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОСФЕРЕ»	7
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)	14
3. ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ	19
4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	20
5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	23
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ	24
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ	27
8. МАТЕРИАЛЫ ТЕКУЩЕГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО, ИТОГОВОГО ВИДОВ КОНТРОЛЯ. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	28
8.1. Материалы промежуточного контроля	28
8.2. Материалы итогового контроля	30
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	36
ГЛОССАРИЙ	37

## **ВВЕДЕНИЕ**

Дисциплина «Физико-химические процессы в техносфере» относится к блоку специальных дисциплин Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и предназначена для студентов специальностей «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и «Техносферная безопасность». Изучение дисциплины способствует развитию познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей, самостоятельности в приобретении новых знаний. Данный учебно-методический комплекс посвящен химическим основам понимания природных и техногенных явлений.

В курсе «Физико-химические процессы в техносфере» изучаются фундаментальные законы химии и физики, как основа современного понимания связи технологий и окружающей среды. Без глубокого изучения химических законов невозможно понимание современных технологических процессов, использующихся в промышленности, на транспорте, в строительстве, природных явлениях и в защите окружающей среды.

**Целью изучения дисциплины** является: ознакомить студентов с процессами превращения веществ, сопровождающихся изменением химических и физических свойств, при котором меняется техносфера. Процессы изменения вещества связаны с внешними физическими условиями, в которых они протекают (температура, давление, концентрация и т.д.) и сопровождаются выделением или поглощением энергии. Изменяя эти условия, затрачивая энергию на проведение химических процессов или отводя ее (получение энергии за счет химических реакций), можно регулировать процессы химического изменения веществ, и, следовательно, состав и свойства получаемых выбросов, сбросов и отходов. Таким образом, у студентов происходит формирование целостного представления о процессах и явлениях физико-химического взаимодействия загрязнителей с компонентами окружающей среды.

Целью изучения дисциплины «Физико-химические процессы в техносфере» является также создание теоретической базы для успешного усвоения ими специальных дисциплин и, в частности, – формирование научного и инженерного мышления.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить закономерности физических явлений и химических процессов в окружающей среде под воздействием естественных и антропогенных факторов и воздействия загрязнителей на компоненты атмосферы, гидросферы и литосферы;

- рассмотреть физико-химические механизмы образования парникового эффекта, разрушения озонового слоя, формирования фотохимического смога, образования кислотных дождей, загрязнения техносферы тяжелыми металлами;

- выяснить основные закономерности радиационно-химических процессов в техносфере и взаимодействие ионизирующего излучения с ее компонентами;

- получение дипломированными специалистами теоретических представлений и практических навыков применения прогрессивных технических знаний, обеспечивающих высокий университетский уровень инженера.

Дисциплину изучают в комплексе с другими дисциплинами специальностей «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», «Техносферная безопасность» и имеет обобщающий характер. Данная дисциплина связывает физические, химические и экологические науки.

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины «Физико-химические процессы в техносфере», дают возможность студентам изучать все последующие дисциплины учебного плана на качественно более высоком уровне.

# 1. ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В КУРСЕ «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТЕХНОСФЕРЕ»

Дидактические единицы выделены по тексту полужирным курсивом.

## Раздел 1. «Введение. Биосфера и ее составляющие».

1. Основные термины, понятия и определения.
2. Биосфера и ее состав.
3. Учение В.И. Вернадского о биосфере. Ноосфера.
4. Распространенность химических веществ в окружающей среде.
5. Кларки химических элементов в биосфере, атмосфере, гидросфере, литосфере и космосе.
6. Биофильность и технофильность химического элемента.
7. Радиоактивные элементы.
8. Тупиковый характер потоков технофильных элементов в биосфере.
9. Определение термина «загрязнитель» (ксенобиотик) для окружающей среды.
10. **Основные физико-химические характеристики наиболее распространенных газообразных, жидких и твердых загрязнителей биосферы.**
11. Понятие о поведении загрязнителей как о сложных процессах взаимодействия его с компонентами среды.

## Раздел 2. «Физика и химия атмосферы и ее загрязнителей».

1. Структура атмосферы.
2. Тепловой баланс системы «поверхность Земли – атмосфера».
3. Характер изменения температуры в атмосфере.
4. Вертикальное распределение температур в атмосфере.
5. Факторы, влияющие на тепловой режим тропосферы и стратосферы.
6. Инсоляция, отражение, поглощение, собственное излучение земной поверхности и атмосферы.
7. Тепловой баланс и циркуляция атмосферы.
8. Критические элементы баланса, определяющие среднюю температуру поверхности Земли.
9. Ионосфера Земли.
10. Геомагнитные «ловушки» космических частиц.
11. Радиационные пояса Земли.
12. Возмущения ионосферы при запуске ракетно-космической техники.
13. Магнитное поле Земли и его характеристики.
14. Современный химический состав атмосферы.
15. Химический состав сухого незагрязненного воздуха.
16. Гомосфера и гетеросфера.
17. Основные компоненты атмосферы.
18. Общие сведения о состоянии воздушной среды.

19. Основные антропогенные загрязнители атмосферы: *озон, оксиды азота, свободные радикалы, атмосферные реакции диоксида серы*, CO, CO<sub>2</sub>, пары воды, твердые частицы веществ, тепловая энергия.

20. *Химические реакции в неорганических системах.*

21. Окислительные компоненты атмосферы: озон, синглетный и атомарный кислород, гидроксил (ОН) и гидропероксид (НО<sub>2</sub>) радикалы, их превращения.

22. Озоновый слой Земли.

23. Химические реакции образования и распада стратосферного озона.

24. Излучение Солнца с  $\lambda \leq 290$  нм как фотохимический фактор в верхних слоях атмосферы.

25. Стратосферный озоновый экран, профили концентрации озона на высоте 10 – 50 км от поверхности Земли.

26. Поглощение излучения Солнца с  $\lambda \leq 320$  нм озоновым слоем.

27. Динамика озонового слоя.

28. Одиннадцатилетние циклы колебания концентрации озона в стратосфере, связь с периодами солнечной активности.

29. Озоноразрушающие вещества в стратосфере.

30. Реакции разрушения озона продуктами фотолиза хлорофторуглеродов (фреонов) и свободными радикалами, поступающими из выхлопов ракетных двигателей.

31. *Общие сведения о фотохимии загрязненной биосферы.*

32. Фотохимические реакции в тропосфере и стратосфере.

33. Ультрафиолетовое излучение Солнца с  $\lambda \leq 370$  нм, как фотохимический фактор в тропосфере Земли.

34. Химические превращения соединений S и N в атмосфере.

35. Образование нитрофенола, пероксиацетилнитратов (ПАН) и пероксибензоилнитратов (ПБН).

36. Сухое и влажное осаждение кислот.

37. Кислотные дожди. «Зимний смог» Лондонского типа.

38. Атмосферные процессы, приводящие к образованию кислотных дождей.

39. Фотохимический или «летний» смог Лос-анжелесского типа. Их влияние на живые организмы.

40. *Химические реакции органических соединений.*

41. *Алканы*, фотохимическое окисление метана и его гомологов, *кинетические данные о реакциях алканов с радикалами ОН.*

42. *Алкены*, *реакции с озоном*, радикалом ОН.

43. *Ароматические соединения, кислородосодержащие производные углеводов.*

44. Окисление ароматических соединений, кислородсодержащих производных углеводов.

45. Вторичное загрязнение атмосферы монооксидом углерода.

46. Фотоокисление и поликонденсация пентахлорфенола (ПХФ).



47. Образование чрезвычайно токсичных полихлорированных диоксинов на примере полихлордибензо(п)диоксина (ПХДД).
48. **Биогенные углеводороды** (терпены).
49. Фотохимические реакции терпенов, выделяемых хвойными и лиственными деревьями ( $\alpha$ -пинен, изопрен).
50. Реакции изопрена и монопреновых углеводородов с  $O_3$ .
51. Возможность образования ПАН.
52. Фотохимия кислородсодержащих углеводородов: альдегидов, кетонов, спиртов, карбоновых кислот.
53. Фотохимические процессы аминов, серосодержащих и галогенсодержащих углеводородов.
54. Фреоны.
55. **Реакции образования аэрозолей.**
56. Образование и рост аэрозольных частиц в атмосфере.
57. Реакции атмосферных кислот.
58. Физические механизмы просачивания аэрозолей в стратосферу.
59. Стратосферный аэрозольный «пояс» Земли.
60. **Влияние загрязнителей на растительность: биохимические и клеточные эффекты (диоксид серы, фториды, озон), кислотный дождь.**
61. **Воздействие загрязняющих веществ на материалы, объекты техносферы.**
62. **Воздействие оксидов серы, оксидов азота, озона, аэрозолей и других загрязняющих веществ** на строительные и конструкционные материалы, памятники культуры.
63. **Воздействие загрязняющих веществ на атмосферу: влияние на видимость.**
64. Теория видимости в атмосфере.
65. **Влияние загрязнителей на выпадение осадков.**
66. **Химические процессы, протекающие при образовании осадков в облаках.**
67. **Образование сульфатов.**
68. **Образование нитратов.**
69. **Влияние загрязняющих веществ на метеорологические условия в глобальном масштабе.**
70. Роль многоатомных газов ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NH_3$ ) в атмосферном поглощении.
71. Повышение концентрации многоатомных газов, «парниковый» эффект.
72. Обоснование формирования «парникового» эффекта в атмосфере Земли и его последствия.

Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».

1. Физические характеристики Мирового океана.
2. Характеристика водных ресурсов Земли.

3. ***Химия природных вод.***
4. Поверхностные и подземные воды. Химический состав природных вод. Радиоактивность природных вод.
5. Роль океанов в регулировании климата и концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере.
6. Растворение избытка CO<sub>2</sub> в литорали Мирового океана.
7. Влияние глобального потепления на растворимость CO<sub>2</sub>.
8. Аккумуляция тепла поверхностным слоем морей и океанов.
9. Циркуляционный перенос тепла из низкоширотных в высокоширотные районы.
10. Теплые течения, повышение температуры в прибрежных районах теплых течений.
11. Горизонтальные и вертикальные перемещения водных масс.
12. Круговорот природных вод.
13. Содержание химических элементов в Мировом океане.
14. Пресная и соленая вода.
15. Буферность природных вод.
16. Главные ионы, растворенные газы, газовая фаза, твердые частицы, биогенные вещества, микроэлементы в воде.
17. Кислотность вод в объектах гидросферы.
18. Растворимость загрязнителей Мирового океана.
19. ***Процессы, связанные с загрязнением гидросферы - ионизация химических загрязнителей, гидролиз солей и органических соединений, комплексообразование в гидросфере.***
20. ***Процессы окисления и восстановления в природных водоемах.***
21. Синглетный кислород, озон, гидроксил радикал, пероксид водорода в природных водах.
22. Механизмы образования радикалов: растворение активных газов из атмосферы, каталитическое инициирование, радиолиз, кавитационные эффекты.
23. Окисление минеральных солей.
24. Образование оксидов тяжелых металлов. Нефтяные загрязнения природных вод.
25. Реакции окисления алканов, алкенов, кислородсодержащих углеводородов.
26. Окисление ароматических углеводородов. Образование токсичных соединений.
27. Влияние микроорганизмов на процессы окисления-восстановления.
28. Аэробные и анаэробные микроорганизмы и их деятельность: сульфатредуцирующие микроорганизмы, метанобактерии, железобактерии, нитрофицирующие бактерии.
29. ***Гидролиз солей и органических соединений*** в природных водоемах.
30. Гидролиз пестицидов.
31. Каталитический гидролиз в присутствии кислот и щелочей.
32. Фотолиз в водной среде.

33. Влияние погодных условий.
34. Реакции фотолиза сульфидов, кислородсодержащих и галогенсодержащих углеводов.
35. Фотосенсибилизирующие реакции окисления ароматических углеводов.
36. *Комплексообразование в гидросфере.*
37. Лигандный состав природных вод.
38. Комплексообразование тяжелых металлов.
39. Гидроксокомплексы.
40. Коллоидно-дисперсные формы комплексных соединений.
41. Бионакопление тяжелых металлов, пестицидов, радионуклидов в организмах, обитающих в водной среде.
42. Возможность биологической токсификации загрязнителей в водных организмах.
43. Образование высокотоксичных органических соединений.
44. Биометилирование ртути.
45. Последствия хлорирования загрязненных природных вод при водоподготовке.
46. Взаимодействие хлора с остаточными углеводородами.
47. Образование чрезвычайно токсичных тригалометанов, хлороформа и четыреххлористого углерода.
48. Поверхностно-активные вещества в водоемах, вспенивание природных вод.
49. Классификация ПАВ.
50. Биоразлагаемые ПАВ.
51. Устойчивость алкилбензолсульфонатов (АБС) в окружающей среде.
52. Тенденция замены АБС в моющих средствах биоразлагаемыми ПАВ.
53. Влияние кислотных дождей на объекты гидросферы.
54. Буферная емкость естественных водоемов.
55. Влияние на буферную емкость подстилающих геологических пород.
56. Диаграммы динамики рН водоемов с ложами, образованными вулканическими (базальты, граниты) и осадочными (известняк, глина, гипс) горными породами.
57. Соединения фосфора и азота как лимитирующий пищевой фактор водных экосистем.
58. Сброс соединений фосфора и азота со сточными водами.
59. Антропогенное эвтрофирование водоемов.

#### Раздел 4. «Физико-химические процессы в литосфере. Загрязнения почв».

1. Характеристики почв: гранулометрический состав, объем пор, гигроскопичность, рН, ионообменная емкость.
2. Песчаные и глинистые почвы.
3. Классификация почв по гранулометрическому составу, диаметру пор, содержанию песка и глины.
4. Вода в почвах.

5. Гравитационная и гигроскопическая влага.
6. Составляющие компоненты почв.
7. Кварц, алюмосиликаты, минеральные вещества, гидроксиды, гумус, газовая фаза почв.
8. Химический состав гумуса: гуминовые кислоты, фульвокислоты, комплексообразующие гумины.
9. Сорбционные центры частиц почвы.
10. **Адсорбция тяжелых металлов.**
11. **Систаболические превращения в почве.**
12. **Осаждение и растворение**, протекающие в почвах.
13. Реакции тяжелых металлов.
14. Преобразование оксидов металлов в растворимые формы гидроксидов, карбонатов, гидрокарбонатов и др.
15. Адсорбция ионов металлов на ионообменных центрах почвенных частиц.
16. Образование малоподвижных комплексных соединений (фульваты, гуматы) с органическими веществами почвы.
17. Хелатообразующие комплексы почв.
18. Принципы образования хелатных соединений.
19. Образование внутрикомплексных хелатов металлов.
20. Минеральные удобрения и соли, основные окислительно-восстановительные реакции в почве.
21. **Окислительно-восстановительные процессы в почвах.**
22. Окисление сульфидов металлов в сульфаты в газовой фазе почв.
23. Аэробные условия.
24. Ферментативные реакции сульфификации, образование серной кислоты.
25. Ферментативные реакции нитрификации и нитрофикации.
26. Образование азотной кислоты.
27. Подкисление почв.
28. Анаэробные условия.
29. Восстановление серы из сульфатов анаэробными сульфатредуцирующими бактериями.
30. **Ферментативные окислительно-восстановительные процессы органических соединений.**
31. Подщелачивание почв.
32. Пестициды, галогенсодержащие углеводороды, нефть в почве.
33. Фотолиз ароматических углеводородов.
34. Окисление с участием почвенного пероксида водорода.
35. **Реакции разрушения пестицидов, гербицидов и других органических соединений.**
36. Аэробный и анаэробный биолит пестицидов.
37. Метаболические реакции биолита ароматических углеводородов.
38. Аммонификация органических соединений.
39. Растворимость конечных продуктов.

40. ***Скорость метаболических разрушений.***
41. Связь скорости реакций с температурой, правило Вант-Гоффа.
42. Уравнение Аррениуса.
43. Радионуклиды: цезий, йод, стронций, рубидий, радий и уран в почвах.
44. Естественные источники радиации.
45. Источники радиации, созданные человеком.
46. Адсорбция радионуклидов частицами почвы.
47. Особенности адсорбции урана.

*Раздел 5. «Миграция загрязнителей атмосферы, гидросферы и литосферы. Биотический перенос загрязнителей».*

1. ***Рассеивание и миграция примесей в атмосфере.***
2. ***Рассеивание и миграция примесей в гидросфере.***
3. ***Рассеивание и миграция примесей в почве.***
4. Биотический перенос загрязнителей.

## 2. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ (ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ)

Лабораторные занятия по дисциплине «Физико-химические процессы в техносфере» проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий.

Поскольку в химической лаборатории находятся электроприборы, вода, химические вещества, студенты должны строго соблюдать правила внутреннего распорядка и техники безопасности. Группа студентов должна быть перед лабораторными занятиями проинструктирована преподавателем, каждый студент заполняет журнал по лабораторной безопасности и расписывается.

Перед каждым лабораторным занятием студент должен изучить соответствующий раздел учебника, конспект лекций и описание лабораторной работы.

При оформлении отчета по проделанной работе в лабораторной тетради записывают дату, номер, название работы и опыта; конспект теоретического материала; краткое описание хода опыта и результаты, полученные при его выполнении. При выполнении лабораторной работы студент ведет рабочие записи результатов наблюдений и измерений (испытаний), оформляет расчеты. Окончательные результаты оформляются в форме выводов к работе.

Полный парк лабораторных работ на кафедре содержит более 10 работ, ко всем имеются методические указания. Руководства к выполнению лабораторных работ, разработанные на кафедре, приведены в соответствующем учебном издании. Ниже в виде примера дана краткая характеристика типичных работ, выполняемых студентами.

№№ и названия разделов и тем	Цель и содержание лабораторной работы	Результаты лабораторной работы
<b>Лабораторная работа № 1. Реакции в растворах электролитов.</b>		
<i>Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».</i>  Тема: Главные ионы, растворенные газы, газовая фаза, твердые частицы, биогенные вещества,	Изучение основных классов неорганических веществ с точки зрения теории электролитической диссоциации.	Ознакомление с основными процессами трансформации загрязнителей в гидросфере. Получение и закрепление навыков составления химических реакций, написание их в полной молекулярной и сокращенной ионной формах.

микроэлементы в воде.		
<u>Лабораторная работа № 2. Гидролиз солей.</u>		
<p><i>Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».</i></p> <p>Тема: Гидролиз солей и органических соединений в природных водоемах.</p>	Изучение процесса гидролиза солей.	Ознакомление с основными процессами трансформации загрязнителей в гидросфере. Получение и закрепление навыков составления химических реакций, написание их в полной молекулярной и сокращенной ионной формах.
<u>Лабораторная работа № 3. Окислительно-восстановительные реакции.</u>		
<p><i>Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».</i></p> <p>Тема: Процессы окисления и восстановления в природных водоемах.</p>	Изучить окислительно-восстановительные реакции.	Ознакомление с основными процессами трансформации загрязнителей в гидросфере. Получение и закрепление навыков составления уравнений ОВР.
<u>Лабораторная работа № 4. Химические свойства металлов.</u>		
<p><i>Раздел I. «Введение. Биосфера и ее составляющие».</i></p> <p>Тема: Понятие о поведении загрязнителей как о сложных процессах взаимодействия его с компонентами среды.</p>	Изучить металлы как важнейший класс неорганических соединений, а также их химические свойства.	Рассмотрение основных процессов поведения твердых загрязняющих частиц – металлов – с компонентами среды.

Лабораторная работа № 5. Коррозия металлов.

<p><i>Раздел 2. «Физика и химия атмосферы и ее загрязнителей».</i></p> <p>Тема: Воздействие оксидов серы, оксидов азота, озона, аэрозолей и других загрязняющих веществ на строительные и конструкционные материалы, памятники культуры.</p>	<p>Изучить процессы коррозии металлов.</p>	<p>Рассмотрение возможных реакций взаимодействия загрязняющих веществ атмосферы на металлические материалы. Получение и закрепление навыков составления электрохимических реакций.</p>
--	--	--

Лабораторная работа № 6. pH в качестве критерия оценки качества растворов природного и техногенного происхождения.

<p><i>Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».</i></p> <p>Тема: Кислотность вод в объектах гидросферы.</p>	<p>Экспериментальное исследование pH растворов природного и техногенного происхождения. Освоение метода pH-метрии.</p>	<p>Оценка, изучение, анализ качества состояния окружающей среды города Томска и Томской области, а также водных проб бытового назначения.</p>
---	--	---

Лабораторная работа № 7. Опыты с материалами природного и техногенного происхождения.

<p><i>Раздел 5. «Миграция загрязнителей атмосферы, гидросферы и литосферы. Биотический перенос загрязнителей».</i></p> <p>Тема: Рассеивание и миграция</p>	<p>Изучение и исследование свойств различных материалов природного и техногенного происхождения.</p>	<p>Рассмотрение вопросов в области защиты окружающей среды, в частности, в процессах миграции и трансформации естественных и антропогенных поллютантов в различных компонентах биосферы и техносферы.</p>
--	--	---



примесей атмосфере, гидросфере почве.	в  и		
<u>Лабораторная работа № 8. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха объектами техносферы.</u>			
<i>Раздел 2. «Физика и химия атмосферы и ее загрязнителей».</i>  Тема: Общие сведения о состоянии воздушной среды.		Провести оценку уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта на автомобильной развязке и прилегающих территориях в районе 4-ой поликлинике г. Томска (по концентрации СО).	Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха по концентрации СО на автомобильной развязке и прилегающих территориях в районе 4-ой поликлинике г. Томска.
<u>Лабораторная работа № 9. Измерение поверхностного натяжения растворенного ПАВ в водных объектах.</u>			
<i>Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».</i>  Тема: Поверхностно-активные вещества в водоемах.		Определить поверхностное натяжение растворов ПАВ.	Измерение поверхностного натяжения. Определение зависимости поверхностного натяжения жидкостей от температуры, природы и концентрации растворенного вещества.
<u>Лабораторная работа № 10. Получение коллоидных систем. Диализ. Коагуляция.</u>			
<i>Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».</i>  Тема: Загрязнители вод.		Освоить методики получения золей. Написать формулы мицелл полученных золей.	Знакомство с методом пептизации, диспергирования и конденсации. Составление уравнений получения различных типов мицелл в природных водах.
<u>Лабораторная работа № 11. Расчет загрязнения почв при внесении удобрений.</u>			

<p><i>Раздел 4. «Физико-химические процессы в литосфере. Загрязнения почв».</i> Тема: Минеральные удобрения и соли.</p>	<p>Изучить гербициды, удобрения и биопрепараты условия их применения.</p>	<p>Освоить новую терминологию, приобрести практические знания и навыки по перечню гербицидов, удобрений и биопрепаратов, разрешенных на территории РФ.</p>
---	---	--

### **3. ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ**

В процессе изучения курса «Физико-химические процессы в техносфере» студент должен выполнить самостоятельно одну контрольную работу (в тетради 10–12 листов или на листах формата А4 в компьютерном оформлении). Решение задач и ответы на теоретические вопросы должны быть коротко, но четко обоснованы. При решении задач нужно приводить весь ход решения и математические преобразования.

Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена, написана четко и ясно, и иметь поля для замечаний рецензента. Номера и условия задач необходимо переписывать в том порядке, в каком они указаны в задании. В начале работы следует указать номер варианта и полный список номеров задач этого варианта. В конце работы следует дать список использованной литературы с указанием года издания.

Работа должна иметь подпись студента и дату.

Если контрольная работа не зачтена, ее следует выполнить повторно в соответствии с указаниями рецензента и представить вместе с не зачтенной работой. Исправления следует выполнять в конце работы, после рецензии, а не в тексте.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не засчитывается как сданная.

Графики и рисунки должны быть выполнены аккуратно с использованием чертёжных инструментов или компьютерной технологии.

К защите допускаются правильно оформленные работы, с достаточно полным раскрытием темы. Студент должен во время защиты дать пояснения по всему материалу контрольной работы.

#### ***Контрольная работа №1.***

Темы работы:

- радиационное загрязнение биосферы;
- загрязнения биосферы химическими веществами;
- физико-химические процессы в гидросфере;
- физико-химические процессы в литосфере;
- миграция загрязнителей в атмосфере, литосфере и гидросфере.

#### 4. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
<p><i>Раздел 2. «Физика и химия атмосферы и ее загрязнителей».</i></p> <p>Температурный режим системы «Земля-атмосфера». Изменение температурного режима, «парниковый эффект». Просачивание аэрозолей в стратосферу и их влияние. Сухое и влажное осаждение кислот. «Зимний» смог Лондонского типа. Фотохимический или «летний» смог Лос-анжелесского типа. Магнитосфера Земли. Геомагнитные «ловушки» космических частиц. Ионосфера и термосфера Земли, естественный магнетизм. Радиационные пояса Земли. Эффекты электромагнитного излучения. Антропогенное электромагнитное поле. Возмущение ионосферы и термосферы электромагнитным излучением. Возмущение ионосферы и термосферы при запусках ракетно-космической техники. Излучение линий электропередач. Электромагнитные поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ). Влияние загрязнений на прозрачность атмосферы и цветопередачу. Теория видимости в атмосфере. Видимость в чистом воздухе. Рассеяние на частицах. Взаимодействие аэрозолей с объектами техносферы.</p>	<p>Проработка учебного материала по учебной и научной литературе, работа с вопросами для самопроверки.</p> <p>Обсуждение проблемных вопросов с преподавателями в рамках индивидуальных консультаций.</p> <p>Выполнение тестов и заданий.</p>
<p><i>Раздел 3. «Физико-химические свойства гидросферы. Трансформация загрязнителей в ней».</i></p> <p>Химический состав природных вод. Пресная и соленая вода. Подземные воды. Вода земной коры. Взаимодействие поверхностных и подземных вод. Мировой океан, глобальное перемещение океанских вод. Конвективные течения. Загрязнение вод. Консервативные загрязнители: тяжелые металлы, гидрофобные соли, нерастворимые углеводороды, нефть, пестициды, ПАВ, радионуклиды. Влияние ПАВ на состояние природных вод. Влияние нефтепродуктов на экосистемы морей и океанов.</p>	<p>Проработка учебного материала по учебной и научной литературе, работа с вопросами для самопроверки.</p> <p>Обсуждение проблемных вопросов с преподавателями в рамках индивидуальных консультаций.</p> <p>Выполнение тестов и заданий.</p>

<p>Водорастворимые загрязнители: минеральные соли, фосфаты, нитраты, растворимые углеводороды, детергенты (СМС), соли, применяемые при уборке снега. Комплексообразование. Лигандный состав природных вод. Гидрохсокомплексы. Коллоидно-дисперсные формы комплексных соединений. Сорбция. Активный ил. Сорбция пестицидов. Равновесие на границе раздела «вода - донный ил». Процессы, протекающие в водных объектах. Закисление природных вод кислотными остатками. Буферная емкость естественных водоемов. Соединения фосфора и азота как лимитирующий фактор водных экосистем. Антропогенное эвтрофирование водоемов. Кислородное голодание. Изменение популяций водных организмов.</p>	
<p><i>Раздел 4. «Физико-химические процессы в литосфере. Загрязнения почв».</i></p> <p>Типы почв. Климатическое зонирование почв. Реакции тяжелых металлов. Преобразование оксидов металлов в растворимые формы гидроксидов, карбонатов, гидрокарбонатов и др. Сорбция ионов металлов на катионообменных центрах почвенных частиц. Принципы образования хелатных соединений. Хелатообразующие комплексы почв. Образование внутрикисплексных хелатов металлов. Подкисление почв. Восстановление серы анаэробными сульфатредуцирующими бактериями. Накопление серы, подщелачивание почв. Радионуклиды. Цезий, йод, стронций, радий и уран в почвах. Сорбция радионуклидов частицами почвы. Образование комплексных соединений. Пестициды. Галогенсодержащие углеводороды в почве. Реакции с нитратами, свободными радикалами в почве. Образование микроколлоидных частиц. Процессы деградации почв. Дефляция. Образование техногенных геохимических аномалий элементов. Зона отчуждения Чернобыльской АЭС. Последствия аварии Чернобыльской АЭС. Засоление почв. Потери гумуса вследствие сельскохозяйственной</p>	<p>Проработка учебного материала по учебной и научной литературе, работа с вопросами для самопроверки. Обсуждение проблемных вопросов с преподавателями в рамках индивидуальных консультаций. Выполнение тестов и заданий.</p>

<p>и промышленной деятельности человека. Добыча полезных ископаемых открытым способом. Исчерпаемые и неисчерпаемые природные ресурсы. Перспективы их использования.</p>	
<p><i>Раздел 5. «Миграция загрязнителей атмосферы, гидросферы и литосферы. Биотический перенос загрязнителей».</i></p> <p>Круговорот соединений азота и фосфора в техносфере. Опустынивание земель. Эрозия. Восстановление серы анаэробными сульфатредуцирующими бактериями. Накопление серы в почве из атмосферы.</p>	<p>Проработка учебного материала по учебной и научной литературе, работа с вопросами для самопроверки.</p> <p>Обсуждение проблемных вопросов с преподавателями в рамках индивидуальных консультаций.</p> <p>Выполнение тестов и заданий.</p>

Результаты самостоятельной работы контролируются при аттестации студента при защите контрольной работы.

## **5. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В учебном процессе для освоения дисциплины используются следующие технические средства:

- химическая лаборатория, химические реактивы;
- компьютерное и мультимедийное оборудование (на лекциях, для самоконтроля знаний студентов, для обеспечения студентов методическими рекомендациями в электронной форме);
- приборы и оборудование учебного назначения (при выполнении лабораторных работ);
- видео-аудиовизуальные средства обучения (интерактивные доски, видеопроекторы);
- электронная библиотека курса (электронные тесты для самопроверки).

## 6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

В помощь студентам для выполнения контрольной работы предложена краткая теория по тематике задачи и примеры решения подобных задач. Ниже представлен пример из темы «Загрязнения биосферы химическими веществами».

Количество вещества вычисляют по формуле:

$$n = m/M,$$

где  $n$  – количество вещества, моль;  $m$  – масса вещества;  $M$  – молярная масса вещества.

Число молекул вещества определяется по формуле:

$$N = n \cdot N_A,$$

где  $N$  – число молекул вещества;  $n$  – количество вещества;  $N_A$  – постоянная Авогадро.

Способы выражения состава растворов:

а) массовая доля растворенного вещества:

$$\omega = m_{p.v.} / m_{p-ra} \cdot 100\%,$$

где  $\omega$  – массовая растворенного вещества;  $m_{p.v.}$  – масса растворенного вещества;  $m_{p-ra}$  – масса раствора.

б) молярная концентрация:

$$C_M = n / V,$$

где  $C_M$  – молярная концентрация;  $n$  – количество вещества;  $V$  – объем раствора.

Теплота образования (энтальпия)  $\Delta H_{x,p}$  определяется по формуле:

$$\Delta H_{x,p} = \sum \Delta H^{\text{прод.}} - \sum \Delta H^{\text{исх.}},$$

где  $\Delta H_{x,p}$  – энтальпия химической реакции;  $\sum \Delta H^{\text{прод.}}$  – сумма энтальпий продуктов реакции;  $\sum \Delta H^{\text{исх.}}$  – сумма энтальпий исходных веществ.

### Контрольные вопросы:

1. Установлено, что молекулы пиридина –  $C_5H_5N$  адсорбируются на поверхности некоторых оксидов металлов. Измерения показали, что образец тонко измельченного оксида цинка  $ZnO$  массой 5,0 г адсорбирует 0,068 г пиридина. Сколько молекул и какое количество вещества пиридина адсорбируется на данном образце оксида цинка?

2. Допустимая концентрация винилхлорида  $C_2H_3Cl$  в воздухе химического предприятия равна  $2,05 \cdot 10^{-6}$  г/л. Сколько молекул и сколько моль винилхлорида содержится в 1 л воздуха при такой концентрации?

3. Анализ нескольких сигарет определенного сорта показал, что в них содержится в среднем  $2,25 \cdot 10^{-5}$  г Ni. Было определено, что после выкуривания этих сигарет содержание никеля в пепле и окурках составляет  $1,67 \cdot 10^{-5}$  г. Если предположить, что остальной никель при курении превратился в газообразный карбонил никеля  $Ni(CO)_4$ , то, сколько грамм карбонила никеля образовалось при выкуривании этих сигарет?

4. Анализ нескольких сигарет определенного сорта показал, что в них содержится в среднем  $8,0 \cdot 10^{-6}$  г Fe. Было определено, что после выкуривания этих сигарет содержание железа в пепле и окурках составляет  $5,92 \cdot 10^{-6}$  г. Если



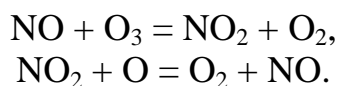
предположить, что остальное железо при курении превратилось в газообразный карбонил железа  $\text{Fe}(\text{CO})_5$ , то, сколько грамм карбонила железа образовалось при выкуривании этих сигарет?

5. Производство цинка в США (на 1980 г.) составляло 600000 тонн в год. Если предположить, что весь цинк получают обжигом  $\text{ZnS}$ , вычислите объем образующегося за год  $\text{SO}_2$ .

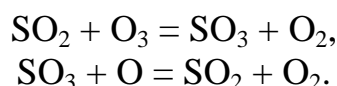
6. В процессе выплавки меди используют руду, содержащую 95%  $\text{Cu}_2\text{S}$ , при обжиге которой выделяется  $\text{SO}_2$ . Если предположить, что таким способом в США получают 1,6 млн. тонн меди в год, то какой объем  $\text{SO}_2$  выделяется при этом?

7. Для нейтрализации 10,0 мл раствора электролита из автомобильного аккумулятора потребовалось 640 мл 1,06 М раствора  $\text{NaOH}$ . Определить молярную концентрацию раствора серной кислоты в электролите.

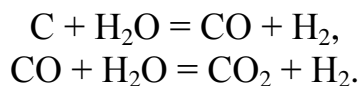
8. Пользуясь таблицей, вычислите  $\Delta H_{\text{x.p.}}$  для следующих химических реакций:



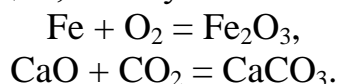
9. Пользуясь таблицей, вычислите  $\Delta H_{\text{x.p.}}$  для следующих химических реакций:



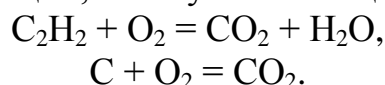
10. Пользуясь таблицей, вычислите  $\Delta H_{\text{x.p.}}$  для следующих химических реакций:



11. Расставьте коэффициенты и вычислите теплоты образования для следующих химических реакций, пользуясь таблицей:



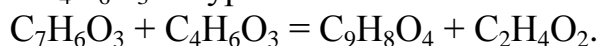
12. Расставьте коэффициенты и вычислите теплоты образования для следующих химических реакций, пользуясь таблицей:



13. Хлормицетин – антибиотик с молекулярной формулой  $\text{C}_{11}\text{H}_{12}\text{O}_5\text{N}_2\text{Cl}_2$ . Образец глазной мази, содержащий хлормицетин массой 1,03 г, подвергли химической обработке и привели весь содержащийся в нем хлор в хлорид-ионы  $\text{Cl}^-$ . Эти ионы затем осадили в виде хлорида серебра  $\text{AgCl}$ , масса которого составила 0,0129 г. Вычислите относительное содержание (в %) хлормицетина в образце мази.

14. Мышьяк, содержащийся в средстве для борьбы с/х вредителями (пестициде) массой 1,22 г, путем соответствующей химической обработки превратили в  $\text{AsO}_4^{3-}$ . Затем титровали раствором, содержащим  $\text{Ag}^+$ , и получили осадок  $\text{Ag}_3\text{AsO}_4$ . Для достижения точки эквивалентности этого титрования понадобилось 25,0 мл раствора с концентрацией ионов серебра 0,102 моль/л. Каково содержание мышьяка (в %) в данном пестициде?

15. Аспирин –  $C_9H_8O_4$  получают из салициловой кислоты –  $C_7H_6O_3$  и уксусного ангидрида –  $C_4H_6O_3$  по уравнению:



Какая масса салициловой кислоты требуется для получения 150 кг аспирина, если считать, что вся салициловая кислота превратилась в аспирин?

16. Какая масса 20 %-ного раствора гидроксида кальция потребуется для поглощения углекислого газа, образовавшегося при сгорании природного газа, содержащего 96 % метана.

17. При сгорании 1 тонны нефти образуется 160 л сернистого газа. Сколько карбоната кальция потребуется для его обезвреживания, если эффективность метода составляет 22%.

18. Вычислить массу аммиака и массу 78 %-ной серной кислоты необходимых для получения 1 тонны сульфата аммония?

19. Сколько килограммов плавикового шпата, содержащего 97,5 %  $CaF_2$ , и сколько литров 98 %-ной серной кислоты ( $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ ) потребуется для получения 1 кг HF?

20. Какой объем углекислого газа выделится при растворении 0,5 кг известняка в соляной кислоте?

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

1. Изучив глубоко содержание учебной дисциплины, целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы студентов, адекватных видам лекционных и семинарских занятий.

2. Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя студентов к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень.

3. Организуя самостоятельную работу, необходимо постоянно обучать студентов методам такой работы.

4. Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;
- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Преподаватель, читающий лекционные курсы в вузе, должен знать существующие в педагогической науке и используемые на практике варианты лекций, их дидактические и воспитывающие возможности, а также их методическое место в структуре процесса обучения.

5. При изложении материала важно помнить, что почти половина информации на лекции передается через интонацию. В профессиональном общении исходить из этого для лучшего восприятия лекций студентами.

6. При проведении аттестации студентов важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Проверка, контроль и оценка знаний студента, требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

## 8. МАТЕРИАЛЫ ТЕКУЩЕГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО, ИТОГОВОГО ВИДОВ КОНТРОЛЯ. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

По дисциплине «Физико-химические процессы в техносфере» предусмотрен промежуточный контроль в виде зачёта по лабораторным работам, экзамена по теоретическому материалу и текущий контроль в виде защиты одной контрольной работы. Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации строго соответствует Положению о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов в университете. Ниже приводятся примеры материалов, используемых для промежуточного контроля знаний по лабораторным работам.

### 8.1. Материалы промежуточного контроля

Ниже приводятся примеры материалов, используемых для промежуточного контроля знаний в рамках самостоятельной работы студентов по лабораторным работам (проводится после защиты всех лабораторных работ по вопросам, представленным в виде билетов преподавателем).

#### Вариант №1.

1. Напишите уравнения реакции фотохимического окисления метана при попадании в атмосферу.
2. Как математически оценивается интенсивность биологического поглощения элементов в почве для поглощения растениями. К какому классу поглощения относятся микроэлементы магний и кальций?

#### Вариант №2.

1. Напишите уравнения реакции образования кислотных дождей.
2. На сколько классов делятся природные воды по солесодержанию? Если преобладающее содержание именно ионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , то к какому классу относится природная вода и каково ее солесодержание?

Приведем также в качестве примера один из билетов контрольной работы. Этот вид промежуточного контроля проводится на лекции в отведенное для этого время.

#### БИЛЕТ №1.

1. Большое количество химических реакций, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, в основном, вызваны ...
  - а – продуктами антропогенной деятельности;
  - б – естественными причинами;
  - в – деятельностью определенного предприятия;
  - г – трансграничным перемещением загрязняющих веществ.
2. Тропосферу и стратосферу обычно объединяют в ...

**а** – нижние слои атмосферы;

**б** – верхние слои атмосферы;

**в** – средние слои атмосферы.

3. Кислотными дождями называются ...

**а** – атмосферные осадки, значение водородного показателя которых ниже величин, отвечающих содержанию углекислоты в атмосфере, т. е.  $pH < 5,5$ ;

**б** – атмосферные осадки, значение водородного показателя которых выше величин, отвечающих  $pH = 7$ ;

**в** – атмосферные осадки, значение водородного показателя которых находится в области  $pH = 7 - 14$ ;

**г** – атмосферные осадки, значение водородного показателя которых находится в области  $pH < 0$ .

4. Частицы называются большими, если их радиус ...

**а** – менее  $10^{-1}$  мкм;

**б** – от  $10^{-1}$  до 1 мкм;

**в** – более 1 мкм;

**г** – около 1 мм.

5. В нижней тропосфере над континентами имеет место ...

**а** – фоновое распределение частиц;

**б** – океаническое распределение частиц;

**в** – континентальное распределение частиц.

6. Диспергационные аэрозоли с твердыми частицами называют ...

**а** – пылями;

**б** – дымами;

**в** – туманами.

7. Наиболее крупные частицы выпадают из атмосферы в процессе ...

**а** – седиментации;

**б** – совокупностью различных механизмов осаждения;

**в** – подоблачного вымывания;

**г** – коагуляции и диффузионного осаждения.

8. Механизм осаждения взвешенных частиц, когда частицы от 1 до 3 мкм при перемещении вместе с газовым потоком в относительной близости от обтекаемого тела приходят в соприкосновение с ним и прилипают к нему – это ...

**а** – гравитационный механизм осаждения;

**б** – инерционный механизм осаждения;

**в** – зацепление;

**г** – диффузионный механизм осаждения.

9. При рассмотрении загрязнения воздуха газами учитывают факторы эмиссии вредных газов, которые означают ...

**а** – выброс вредных газов;

**б** – перенос газовых компонентов загрязнений;

**в** – ввод вредных веществ в организмы и растения;

**г** – вывод вредных газов.

10. Вариант, когда реальный вертикальный градиент температуры в окружающей среде (ОС)  $(dT/dh)_{oc}$  равен величине  $\Delta T$  соответствует ...

- а – неустойчивому состоянию атмосферы;
- б – устойчивому состоянию атмосферы;
- в – безразличному состоянию атмосферы;
- г – слабоустойчивому состоянию атмосферы.

11. Как соотносятся результаты изменения окружающей среды, вызванные, с одной стороны, деятельностью человека, а с другой — естественными причинами?

12. Что такое свободные радикалы и как они образуются в атмосфере?

## 8.2. Материалы итогового контроля

Далее приводятся материалы итогового контроля: примерный перечень вопросов к экзамену и зачету по изучаемому курсу.

### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Основные физико-химические процессы в атмосфере.
2. Основные компоненты глобального экологического кризиса.
3. Строение и особенности атмосферы, по сравнению с другими компонентами биосферы.
4. Кислотные дожди.
5. Парниковый эффект.
6. Загрязнение биосферы веществами, имеющими преимущественно антропогенное происхождение.
7. Основные характеристики загрязнения атмосферы: пыль и аэрозоли, газы.
8. Атмосферная пыль и аэрозоли. Классификации аэрозольных частиц.
9. Самые распространенные природные и промышленные аэрозоли.
10. Основные последствия и опасность пылевых и аэрозольных загрязнений атмосферы.
11. Механизм образования аэрозолей. Диспергационные и конденсационные аэрозоли.
12. Пути удаления аэрозолей из атмосферы.
13. Загрязнения воздуха газами. Газы, имеющие тенденцию к глобальному распространению.
14. Изменение температуры и химического состава атмосферы с высотой.
15. Классификации основных видов загрязнения атмосферы по фазовому принципу, по химическому составу.
16. Основные типы процессов в атмосфере: фотохимические реакции, образование радикалов.
17. Основные виды и характеристика фотохимических реакций в атмосфере.
18. Энергетическая освещенность, энергетическая светимость, альbedo.
19. Фотоионизация.

20. Фотодиссоциация, преддиссоциация, фрагментация, окислительно-восстановительные фотохимические реакции.
21. Мультиплетность атомных систем.
22. Понятия о веществах-сенсбилизаторах и веществах-фотосенсбилизаторах.
23. Характеристика процессов флюоресценции и фосфоресценции.
24. Свободные радикалы. Образование их в атмосфере.
25. Фотохимические реакции кислорода. Озон.
26. Проблемы озонового слоя Земли.
27. Свойства молекулярного кислорода.
28. Фотохимические реакции кислорода.
29. Озон. Образование. Химические свойства.
30. Механизмы образования озона в атмосфере.
31. Кинетика процессов образования и разложения озона по модели С. Чепмена.
32. Химия озонового слоя. Истощение озонового экрана Земли и уровень ультрафиолетовой радиации.
33. Цикл хлора в разрушении стратосферного озона.
34. Цикл брома в разрушении стратосферного озона.
35. Хроника озонового кризиса.
36. Проблема заменителей фреонов.
37. Озоновые дыры. Циркумполярный вихрь над Антарктидой.
38. Схема образования весенней антарктической озоновой дыры.
39. Климат и парниковый эффект.
40. Вклад, вносимый в разрушение озонового слоя аэрокосмическими объектами.
41. Влияние антропогенного воздействия на химический состав атмосферы.
42. Парниковые газы: диоксид углерода, метан.
43. Основные причины изменения климата на планете.
44. Влияние парникового эффекта на изменение климата Земли.
45. Химические процессы, лежащие в основе вывода метана из атмосферы.
46. Кислотные дожди.
47. Причины выпадения кислотных дождей.
48. Превращения кислых оксидов и хлороводорода и формы существования продуктов превращений в атмосфере.
49. Пути поступления кислых оксидов в атмосферу.
50. Механизмы образования кислотных дождей.
51. Влияние кислотных дождей на природные объекты, здания, памятники и технику.
52. Влияние кислотных дождей на водные объекты.
53. Физиологическое действие кислотных дождей на растения.
54. Кислотные дожди и почва.
55. Вредное воздействие кислотных осадков на почву и растительность.

56. Воздействие кислотных дождей на строения и технику.
57. Загрязнения атмосферы, являющиеся предшественниками кислотных дождей.
58. Фотохимический смог.
59. Токсичные продукты выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания.
60. Оксиды азота – инициаторы фотохимического смога и механизм их образования.
61. Монооксид углерода – один из токсических компонентов фотохимического смога.
62. Полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ) – компонент выхлопных газов.
63. Схема загрязнения среды полиядерными ароматическими углеводородами (ПАУ) и ее самоочищения.
64. ТЭС и ТЭЦ – основные антропогенные источники полиядерных ароматических углеводородов (ПАУ).
65. Смог как результат антропогенной деятельности.
66. Механизм образования фотохимического смога.
67. Физико-химические процессы в гидросфере.
68. Вода и ее роль в жизни Земли.
69. Процессы самоочищения водоемов.
70. Буферная емкость пресноводных водоемов.
71. Характеристика основных загрязнений гидросферы.
72. Химия природных вод.
73. Формирование состава грунтовых, речных, морских вод.
74. Классификация загрязнений вод по фазово-дисперсному состоянию.
75. Сточные воды как источник загрязнения водоемов и водотоков.
76. Оценка загрязненности воды: мутность, прозрачность, цветность, вкус и запах, кислотность, рН и др.
77. БПК – пятисуточное биохимическое потребление кислорода.
78. ХПК – химическое потребление кислорода.
79. Загрязнение водных систем тяжелыми металлами.
80. Процессы, определяющие формы существования тяжелых металлов в водной среде.
81. Химическое равновесие в водных системах.
82. Растворимость соединений металлов в водных системах.
83. Комплексные соединения металлов в водных системах.
84. Факторы, определяющие миграцию тяжелых металлов в водных системах.
85. Формы существования и поведение некоторых тяжелых металлов в природных водах.
86. Физико-химические процессы в педосфере.
87. Основные физико-химические процессы, протекающие в почвах.
88. Поведение тяжелых металлов и их соединений в почвах.
89. Поведение пестицидов в почвах.



90. Вещества, распространенные в атмосфере, гидросфере, педосфере.
91. Ионизирующее излучение и окружающая среда.
92. Естественные и техногенные радионуклиды.
93. Общие представления о взаимодействии ионизирующего излучения с веществом.
94. Взаимодействие ионизирующего излучения с компонентами атмосферы.
95. Действие ионизирующих излучений на воду и водные растворы.
96. Радиационно-химические процессы в твердой фазе.
97. Взаимодействие ионизирующего излучения с живыми организмами.
98. Растворенные в водных системах газы.
99. Поведение соединений азота и фосфора в поверхностных водоемах.
100. Загрязнение водоемов веществами органического характера.

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Температурный режим системы «Земля-атмосфера». Изменение температурного режима, «парниковый» эффект.
2. Просачивание аэрозолей в стратосферу и их влияние.
3. Сухое и влажное осаждение кислот. «Зимний» смог Лондонского типа.
4. Фотохимический или «летний» смог Лос-анжелесского типа.
5. Магнитосфера Земли. Геомагнитные «ловушки» космических частиц.
6. Ионосфера и термосфера Земли, естественный магнетизм.
7. Радиационные пояса Земли.
8. Эффекты электромагнитного излучения.
9. Антропогенное электромагнитное поле.
10. Возмущение ионосферы и термосферы электромагнитным излучением.
11. Возмущение ионосферы и термосферы при запусках ракетно-космической техники.
12. Излучение линий электропередач. Электромагнитные поля промышленной частоты (ЭМП ПЧ).
13. Влияние загрязнений на прозрачность атмосферы и цветопередачу.
14. Теория видимости в атмосфере. Видимость в чистом воздухе. Рассеяние на частицах.
15. Взаимодействие аэрозолей с объектами техносферы.
16. Химический состав природных вод. Пресная и соленая вода.
17. Подземные воды. Вода земной коры. Взаимодействие поверхностных и подземных вод.
18. Мировой океан, глобальное перемещение океанских вод.
19. Конвективные течения.
20. Загрязнение вод. Консервативные загрязнители: тяжелые металлы, гидрофобные соли, нерастворимые углеводороды, нефть, пестициды, ПАВ, радионуклиды.
21. Влияние ПАВ на состояние природных вод.
22. Влияние нефтепродуктов на экосистемы морей и океанов.

23. Водорастворимые загрязнители: минеральные соли, фосфаты, нитраты, растворимые углеводороды, детергенты (СМС), соли, применяемые при уборке снега.

24. Комплексообразование. Лигандный состав природных вод. Гидроксикомплексы.

25. Коллоидно-дисперсные формы комплексных соединений.

26. Сорбция. Активный ил. Сорбция пестицидов. Равновесие на границе раздела «вода - донный ил».

27. Процессы, протекающие в водных объектах.

28. Закисление природных вод кислотными остатками. Буферная емкость естественных водоемов.

29. Соединения фосфора и азота как лимитирующий фактор водных экосистем.

30. Антропогенное эвтрофирование водоемов. Кислородное голодание. Изменение популяций водных организмов.

31. Типы почв. Климатическое зонирование почв.

32. Реакции тяжелых металлов. Преобразование оксидов металлов в растворимые формы гидроксидов, карбонатов, гидрокарбонатов и др.

33. Сорбция ионов металлов на катионообменных центрах почвенных частиц.

34. Принципы образования хелатных соединений. Хелатообразующие комплексы почв. Образование внутрикомплексных хелатов металлов.

35. Подкисление почв.

36. Восстановление серы анаэробными сульфатредуцирующими бактериями. Накопление серы, подщелачивание почв.

37. Радионуклиды. Цезий, йод, стронций, радий и уран в почвах. Сорбция радионуклидов частицами почвы. Образование комплексных соединений.

38. Пестициды. Галогенсодержащие углеводороды в почве.

39. Реакции с нитратами, свободными радикалами в почве. Образование микроколлоидных частиц.

40. Процессы деградации почв. Дефляция.

41. Образование техногенных геохимических аномалий элементов.

42. Зона отчуждения Чернобыльской АЭС.

43. Последствия аварии Чернобыльской АЭС.

44. Засоление почв.

45. Эрозия. Потери гумуса вследствие сельскохозяйственной и промышленной деятельности человека.

46. Опустынивание земель.

47. Добыча полезных ископаемых открытым способом.

48. Исчерпаемые и неисчерпаемые природные ресурсы. Перспективы их использования.

49. Круговорот соединений азота и фосфора в техносфере.

50. Радиационное загрязнение техносферы.

51. Что такое диоксины? Как они образуются и в чем проявляется их негативное воздействие на живые организмы?

52. Что влияет на миграцию тяжелых металлов в водных системах?
53. Почему алюминий является токсичным металлом?
54. Почему металлическая ртуть менее опасна, чем ее соединения?
55. Что такое почвенный поглощающий комплекс?
56. Какие виды почвенной кислотности вы знаете?
57. Какие процессы определяют поведение тяжелых металлов в почвах?
58. Какие процессы характеризуют поведение пестицидов в почвах?
59. Какие соединения попадают под понятие «ксенобиотики»?
60. В чем состоит опасность уничтожения отходов на мусоросжигающих заводах?

Сроки и форма проведения контроля должны соответствовать нормам, установленным требованиями Государственного образовательного стандарта, распоряжениями Министерства образования России, а также – соответствующими приказами по Томскому государственному университету систем управления и радиоэлектроники.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия : Учебник для студентов вузов / Н.С. Ахметов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1988. – 640 с.
2. Глинка Н.Л. Общая химия : Учебное пособие для вузов / Н.Л. Глинка ; ред. А. И. Ермаков. – 30-е изд., испр. – М. : Интеграл-Пресс, 2005. – 727 с.
3. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков : учебное пособие / Д.А. Кривошеин – 2-е издание, стер. – М. : Высшая школа, 2008. – 344 с.
4. Коровин Н.В. Общая химия : Учебник для технических направлений и специальностей вузов / Н.В. Коровин. – 7-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2006. – 556 с.
5. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : учебник для вузов / Ю.А. Ершов [и др.] ; ред. Ю.А. Ершов. – 4-е изд., стереотип. – М. : Высшая школа, 2003. – 559 с.
6. Пустовалова Л.М. Общая химия : учебник / Л.М. Пустовалова, И.Е. Никанорова. – 2-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2006. – 478 с.
7. Рао Ч.Н.Р. Новые направления в химии твердого тела: Структура, синтез, свойства, реакционная способность и дизайн материалов : Пер. с англ. / Ч.Н.Р. Рао, Дж. Гопалакришнан ; ред. : Ф.А. Кузнецов ; пер. : В.Е. Федоров [и др.]. – Новосибирск : Наука, 1990. – 519 с.
8. Садовникова Л.К. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: учебное пособие / Л.К. Садовникова, Д.С. Орлов, И.Н. Лозановская. – 4-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2008. – 334 с.
9. Смирнов Г.В. Химия : Учебное пособие / Г.В. Смирнов, Г.М. Якунина ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра технологии радиоэлектронной аппаратуры. – Томск : ТМЦДО, 2000. – 157 с.
10. Суворов А.В. Общая химия : Учебник для вузов / А.В. Суворов, А.Б. Никольский. - СПб. : Химия, 1997. - 624 с.
11. Трифонов К.И. Физико-химические процессы в техносфере : учебник / К.И. Трифонов, В.А. Девисилов. – М. : Форум: Инфра – М, 2010. – 240 с.
12. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия : Учебник для вузов / Я.А. Угай. – 4-е изд., стереотип. – М. : Высшая школа, 2004. – 526 с.
13. Хомченко И.Г. Общая химия : Учебное пособие для среднего профессионального образования / И.Г. Хомченко. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Новая Волна, 2005. – 461 с.
14. Химия : Большой энциклопедический словарь / Ред. И.Л. Кнунянц, Ред. Е.В. Вонский. – 2-е (репринтное) изд. "Химического энциклопедического словаря" 1983 года. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1998. – 792 с.
15. Чикин Е.В. Химия : Учебное пособие / Е.В. Чикин ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга. – Томск : ТУСУР, 2005. – 190 с.

## ГЛОССАРИЙ

**Абсорбция** – поглощение веществ из газовой смеси жидкостями или твердыми телами (абсорбентами).

**Адсорбция** – преимущественное концентрирование молекул газа или растворенного в жидкости вещества на поверхности жидкости или твердого тела.

**Альбедо** – величина, характеризующая отражательную и рассеивающую способность поверхностей или космических тел. В широком смысле – это отношение потока отраженного (рассеянного) излучения к потоку падающего излучения.

**Альфа-частицы** – ядра дважды ионизированных атомов гелия ( $^4\text{He}$ ).

**Анаэробные условия** – процессы протекают в условиях отсутствия в системе кислорода (воздуха).

**Антропогенные факторы** – факторы, обязанные своим происхождением деятельности человека и вызывающие изменения в окружающей среде.

**Аэрозоль** – коллоидные системы, в которых дисперсионной средой служит, как правило, воздух.

**Аэробные условия** – химические и биохимические процессы протекают в окислительной среде кислорода (воздуха).

**Атмосфера** – газообразная оболочка планеты, включающая смесь различных газов, водяных паров и пылевых (аэрозольных) частиц.

**Бета-частицы** – электроны и позитроны, испускаемые при  $\beta$ -распаде ядер и свободного нейтрона.

**Биота** – совокупность видов растений, животных и микроорганизмов, объединенных общей областью распространения. Живые существа и растения в некотором районе или на земном шаре.

**Буферная емкость экосистемы** – количество токсиканта, поступление которого существенно не нарушает естественного функционирования всей изучаемой экосистемы.

**Буферные свойства раствора** – способность поддерживать при изменении состава среды постоянство значения какой-либо характеристики, например pH (кислотно-основной буферный раствор).

**Возбужденное состояние молекулы (атома)** – состояние, характеризующееся наличием отличающейся от основного состояния электронной структуры и, как правило, высокой реакционной способностью. Переход молекулы из основного электронного состояния в одно из возбужденных состояний происходит вследствие поглощения энергии внешнего источника.

**Газы парниковые** – водяной пар, углекислый газ, метан, фтор- и хлорсодержащие углеводороды, оксид азота (I) – прозрачны для солнечного света, как стеклянная крышка парника, но задерживают тепловое инфракрасное излучение нагретой поверхности.

**Гамма-излучение** – коротковолновое электромагнитное излучение, возникающее в результате спонтанного радиационного перехода ядра из начального состояния с энергией  $E$  в конечное состояние с энергией  $E_k$  ( $E_i > E_k$ ). Гамма-излучение представляет собой поток гамма-квантов, которые характеризуются, как и другие фотоны, энергией, импульсом и спином.

**Гидролиз** – обменная реакция между веществом и водой. При гидролизе солей образуются основания и кислоты.

**Гидросфера** – водная оболочка Земли, включающая океаны, моря, озера, реки, подземные воды, ледники.

**Гумус** – совокупность всех органических соединений, находящихся в почве, но не входящих в состав живых организмов или образований.

**Дейтрон** – связанное состояние протона и нейтрона, ядро одного из изотопов водорода – дейтерия.

**Диоксины** – высокотоксичные соединения – полихлорированные дибензодиоксины и дибензофураны. Группа диоксинов объединяет сотни веществ, каждое из которых содержит специфическую гетероциклическую структуру с атомами хлора в качестве заместителей.

**Диссоциация** – обратимый распад частицы вещества (молекулы, атома, радикала). Различают электролитическую, термическую и фотохимическую диссоциацию.

**Загрязнение окружающей природной среды (антропогенное)** – физико-химическое либо иное изменение качества атмосферного воздуха, вод, почв в результате хозяйственной или иной деятельности, превышающее установленные нормативы вредного воздействия на окружающую природную среду и создающее угрозы здоровью человека, состоянию растительного и животного мира, материальным ценностям.

**Имиссия** – ввод вредных веществ в организмы или растения.

**Ионизация** – превращение электрически нейтральных атомных частиц (атомов, молекул) в результате удаления из них одного или нескольких электронов в положительные ионы и электроны. Основными механизмами ионизации являются: столкновительная ионизация (соударения с электронами, ионами, атомами); ионизация светом (фотоионизация); ионизация электрическим полем.

**Ионизирующее излучение** – поток фотонов или частиц, взаимодействие которых со средой приводит к ионизации ее атомов или молекул. Различают фотонное и корпускулярное ионизирующее излучение.

**Ионизирующая способность** – число пар разноименных носителей электрического разряда (пар ионов, пар электронов – дырка), создаваемых как непосредственно в столкновениях заряженной частицы, так и с учетом ионизации вторичными электронами на единице длины пути в веществе.

**Инверсия** – весьма устойчивое состояние атмосферы, при котором температура воздуха повышается с высотой, что замедляет вертикальное перемещение загрязнений, увеличивает их концентрацию в приземном слое атмосферного воздуха и при достаточной солнечной радиации может способствовать образованию фотохимического смога.

**Ионный обмен** – обратимый процесс стехиометрического обмена ионами между двумя контактирующими фазами, одна из которых обычно раствор электролита.

**Канцерогенные свойства** – способность химических соединений вызывать новообразования в тканях живых организмов.

**Кислотные дожди** – атмосферные осадки, имеющие значение водородного показателя (рН) менее 5.

**Климат** – совокупность среднесуточных характеристик атмосферы, гидросферы и суши.

**Климатическая система** – основное понятие теории климата. Включает в себя пять природных компонентов, в которых происходят процессы, формирующие климат: атмосферу, океан, континенты с водными объектами, криосферу и биоту.

**Криосфера** – прерывистая оболочка Земли, характеризующаяся наличием или возможностью существования воды в твердой фазе (лед, снег) в атмосфере (облаках), на море и на суше.

**Коагуляция** – объединение частиц в агрегаты вследствие их сцепления (адгезии) при соударениях.

**Комплексообразование** – процесс образования сложной структуры (комплекса), состоящей из центрального атома (или иона) и связанных с ним молекул или ионов – лигандов.

**Космическое излучение** – поток заряженных частиц высокой энергии, преимущественно протонов, приходящих на Землю из мирового пространства.

**Ксенобиотики** – вещества, чужеродные для организма. Их разделяют на три группы: продукты хозяйственной деятельности человека (промышленность, транспорт); вещества бытовой химии (моющие средства, препараты для борьбы с паразитами, парфюмерия); большинство лекарств.

**Литосфера** – верхняя твердая оболочка Земли, включающая земную кору и верхнюю мантию.

**Миграция ионов, соединений** – процесс переноса частиц вещества в конденсированных фазах вследствие диффузии, градиентов концентраций, температуры, давления.

**Нейтрон** – элементарная частица с нулевым электрическим зарядом и массой, незначительно большей массы протона.

**Нуклид** – совокупность атомов с определенными значениями заряда ядра  $Z$  (число протонов в ядре) и массового числа  $A$  (сумма чисел протонов  $Z$  и нейтронов  $N$  в ядре). Для обозначения нуклида используют название элемента, к которому через дефис присоединяют значение  $A$  (например, кислород-16).

**Озон** – трехатомная аллотропная форма кислорода, отличающаяся высокой химической активностью. Стратосферный озон регулирует поток ультрафиолетового излучения, задерживая наиболее опасную часть радиации Солнца с длинами волн менее 285 нм и значительно ослабляя излучение в диапазоне 285-315 нм.

**Озоновая антарктическая дыра** – сезонная (начало весны – конец зимы) убыль общего содержания озона, наблюдаемое над Антарктидой.

**Осколки деления** – атомы и ядра, образующиеся в результате деления ядер и последующих превращений.

**Основное состояние атома** – стационарное квантовое состояние с наименьшей внутренней энергией, при котором электроны атома заполняют электронные уровни в соответствии с принципом Паули, когда две или более



тождественные частицы не могут одновременно обладать одним и тем же набором всех квантовых чисел, т.е. находиться в одном и том же энергетическом состоянии.

**Парниковый эффект** – повышение температуры внутренних слоев атмосферы и поверхности планеты, обусловленное тем, что атмосфера более прозрачна для падающего солнечного излучения, чем для уходящего теплового излучения поверхности.

**Почвенный поглощающий комплекс** – совокупность минеральных, органических и органоминеральных компонентов твердой фазы почв, обладающих способностью ионного обмена.

**Пестициды** – собирательный термин, охватывающий химические соединения различных классов, применяемые для борьбы с вредными организмами в сельском хозяйстве, здравоохранении, промышленности и т.д.

**Поверхностно-активные вещества (ПАВ, или детергенты)** – органические вещества с гидрофильными и гидрофобными участками совершенно различного химического строения, понижающие поверхностное натяжение воды и вызывающие загрязнение водоемов.

**Потенциал ионизации (молекулы, атома, иона)** – минимальная разность потенциалов, которую должен пройти электрон в ускоряющем электрическом поле, чтобы приобрести кинетическую энергию, достаточную для ионизации частицы. Другими словами – это энергия ионизации частицы, деленная на величину заряда электрона.

**Радиолиз** – совокупность химических процессов деструктивного характера, протекающих при поглощении веществом энергии ионизирующего излучения.

**Радиационно-химические реакции** – совокупность химических и физико-химических превращений веществ под действием ионизирующего излучения.

**Радикалы свободные** – химические частицы с неспаренными электронами на внешних орбиталях; обладают парамагнетизмом и высокой реакционной способностью.

**Радиоактивные ряды (радиоактивные семейства)** – группы генетически связанных радионуклидов, в которых каждый последующий возникает в результате  $\alpha$ - или  $\beta$ -распада предыдущего.

**Радиоактивность** – самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся испусканием частиц, а также жесткого электромагнитного излучения.

**Радионуклиды** – нуклиды, ядра которых радиоактивны.

**Рекомбинация** – 1) образование ковалентной связи путем обобществления двух неспаренных электронов, принадлежащих разным частицам (атомам, свободным радикалам); 2) образование нейтральных атомов или молекул из свободных электронов и положительно заряженных атомных или молекулярных ионов – процесс, обратный ионизации.

**Сенсибилизаторы** – вещества, способствующие повышению чувствительности других веществ к какому-либо внешнему воздействию. Сенсибилизация осуществляется атомами-донорами, поглощающими энергию возбуждения и передающими ее безизлучательно атомам-акцепторам, в которых происходит излучательный переход.

**Стратосфера** – слой атмосферы высотой до 40 км от поверхности Земли, отличающийся почти постоянной температурой, расположением на высоте 20-25 км слоя максимального содержания озона.

**Токсиканты** – ядовитые вредные для здоровья вещества.

**Тропосфера** – нижний слой атмосферы до высоты 18 км от поверхности Земли, в котором протекает большинство метеорологических процессов и физико-химических превращений.

**Трек** – след, оставленный заряженной частицей в веществе, регистрируемый трековыми детекторами частиц.

**Тренд (тенденция)** – изменение метеорологических величин в рядах наблюдений за рассматриваемый период.

**Фотоионизация** – ионизация молекул и атомов под действием света. Однократная фотоионизация невозбужденной нейтральной молекулы фотонами приводит к образованию катион-радикала  $M^{+*}$  с энергией возбуждения  $E(M^*)$  и электрона с кинетической энергией  $E$ .

**Фотохимические реакции** – химические реакции, протекающие или инициируемые под действием света.

**Фотохимический смог** – смесь сильнейших оксидантов и токсикантов, включая озон, пергидроксид, супероксид, радикал гидроксила, оксиды азота, полиядерные ароматические углеводороды, пероксиацетилнитрат и другие соединения, образующиеся в условиях интенсивной солнечной радиации, активного движения автотранспорта и наличия застойной зоны воздуха в приземном слое атмосферы.

***Фреоны*** – насыщенные газообразные или жидкие фторхлоруглероды.

***Химическое загрязнение*** – загрязнение окружающей среды химическими веществами, являющимися побочными продуктами промышленного производства, сельского хозяйства, выбрасываемых в атмосферу с выхлопными газами транспорта.