

4/19/2

Одобрено кафедрой  
«Физика и химия»

Утверждено  
деканом факультета  
«Управление процессами  
перевозок»

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рабочая программа  
и задание на контрольную работу  
с методическими указаниями  
для студентов II курса  
всех специальностей, кроме

330100 (БЖТ),  
330200 (ЭК),  
071900 (ИСЖ),  
220100 (ЭВМ),  
060700 (НЭ),  
061100 (МО),  
061500 (М)



Москва – 2005

Программа разработана на основании примерной учебной программы данной дисциплины, составленной в соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки инженеров всех специальностей, кроме 330100 (БЖТ), 330200 (ЭК), 071900 (ИСЖ), 220100 (ЭВМ), 060700 (НЭ), 061100 (МО), 061500 (М).

**С о с т а в и т е л и:** канд. физ.-мат. наук, проф. Е.К. Силина;  
канд. техн. наук, доц. Т.Ф. Климова;  
канд. физ.-мат. наук, доц. А.А. Фортугин;  
д.-р. геол.-минералог. наук, проф. Д.Г. Кошуг;  
канд. физ.-мат. наук, доц. В.С. Фокин;  
ст. преп. В.Н. Долженко;  
канд. хим. наук, ст. преп. Н.В. Хлесткова;  
ст. преп. М.А. Журавлева;  
ст. преп. Д.В. Климова

## 1. ЦЕЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Современные методы мониторинга окружающей среды» введена в образовательную программу как завершающий курс фундаментального естественнонаучного образования; ее предназначение — быть определяющей научно-практической дисциплиной, основой оптимизации взаимоотношений человека с биосферой.

Цель данного курса — ознакомление студентов с современными естественнонаучными методами контроля, моделирования, прогноза (физического, химического и биологического) состояния природной среды, а также с результатами комплексного мониторинга природной среды и климата и пути определения пределов изменения их состояния. В курсе рассмотрены вопросы оценки антропогенного воздействия на биосферу и климатическую систему, и ряд проблем мониторинга: радиационного, поверхностных вод и фоновое загрязнение атмосферы на территории России, экосистемных изменений в океане в связи с антропогенным воздействием, включая изменения климата.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ УСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Студенты должны:*

1. Освоить методические основы системного анализа влияния хозяйственной деятельности на экосистемы, представляемые кибернетической природной системой с характерными свойствами и механизмами обеспечения их функционирования и стабильности;

2. Практически (реально) подойти к вопросам оптимизации взаимодействий и выбора рационального пути управления взаимодействиями в системе «ноогеноз — природная и окружающая человека среда». При этом важно научиться оценивать, рассчитывать и моделировать состояние экосистем, уметь прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности с точки зрения биосферных процессов, всеобщей экологической взаимозависимости и планетарного (как и государственного, регионального, местного) мышления.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Вид учебной работы            | Всего часов | Курс – II |
|-------------------------------|-------------|-----------|
| Общая трудоемкость дисциплины | 75 — 150    |           |
| Аудиторные занятия:           | 16          |           |
| Лекции                        | 4           |           |
| Лабораторный практикум        | 12          |           |
| Самостоятельная работа:       | 44 — 119    |           |
| Контрольная работа            | 15          | 1         |
| Вид итогового контроля        |             | Зачет     |

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1. РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ

| № п/п | Раздел дисциплины   | Лекции, ч | Лабораторный практикум, ч |
|-------|---|-----------|---------------------------|
| 1     | Цели и основные задачи естественно-научного мониторинга           | 1         | 2                         |
| 2     | Методы контроля физического и химического загрязнения сред        | 1         | 4                         |
| 3     | Биосферный мониторинг. Биологическое загрязнение окружающей среды | 1         | 4                         |
| 4     | Моделирование, прогноз и управление в системе мониторинга         | 1         | 2                         |

#### 4.2. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

##### Раздел 1. Введение

##### 1.1. Цели и основные задачи естественнонаучного мониторинга

Наблюдения за изменениями состояния природной среды. Структура наблюдений. Моделирование и экспертиза. Прогноз. Мониторинг как многоцелевая информационная система.

Структура биосферы: атмосфера, гидросфера и литосфера. Солнечно-земные связи, динамика литосферы и магнитосферы. Взаимодействие литосферы и гидросферы. Энергообмен атмосферы и океана, в том числе и при антропогенных воздействиях.

Условия устойчивого развития экосистем. Разносторонняя связь человека с природой, антропогенное воздействие на ок-

ружающую среду. Современное состояние природных систем Земли.

[1, с. 10-15; 3, с. 6-10; 4, с. 76 —80; 5, с. 280-295; 13, с. 18-65]

##### 1.2. Классификация систем (подсистем) мониторинга

Уровни мониторинга: детальный, локальный, региональный, национальный, глобальный. Структурная схема и соотношение систем мониторинга окружающей среды разных уровней.

Мониторинг антропогенных изменений различных сред - атмосферы, гидросферы, почвы, криосферы и биоты.

Ингредиентный мониторинг - мониторинг минеральных и органических загрязнений. Виды параметрического мониторинга: тепловой, шумовой, световой, радиационный и электромагнитный. Острота проблемы мониторинга океана и озоносферы.

Медико-биологический, биоэкологический, геоэкологический (геосистемный), геосферный, климатический и биосферный мониторинги (системный подход). Комплексный мониторинг среды.

[3, с.6 —40; 12, с. 16-21]

##### 1.3. Мониторинг геологической среды

Понятие геологической среды. Соотношение геологической среды с внешними средами: поверхностной гидросферой, поверхностной биосферой, атмосферой, техносферой.

Основные компоненты геологической среды: горные породы, почвы, подземные воды, рельеф, инженерно-геологические процессы и явления. Понятие об опасных геологических процессах, их связь с изменением свойств геологической среды.

Понятие о природно-технических системах. Схема взаимодействия человека, инженерных сооружений и геологической среды. Техногенные воздействия на геологическую среду и их классификация. Количественные показатели техногенного воздействия на геологическую среду. Устойчивость геологической среды к техногенным воздействиям.

Понятие о мониторинге геологической среды. Виды мониторинга геологической среды: гидрогеологический, геоморфологический, геодинамический, геокриологический. Системы и подсистемы мониторинга геологической среды.

Техногенные изменения геологической среды. Типы наблюдений и наблюдательные сети. Дистанционные методы наблюдений. Критерии оценки техногенного воздействия. Управление геологической средой.

Мониторинг городских территорий; территорий линейных транспортных систем и нефтегазопроводов.

[1, с. 192-222; 14, с. 76 -146]

#### **1.4. Географический мониторинг**

Виды геомониторинга: локальный (биоэкологический), региональный (геосистемный или природохозяйственный), глобальный (биосферный).

Три ступени экологического мониторинга (биоэкологический или санитарно-гигиенический, геоэкологический, биосферный).

Организация мониторинга на различных уровнях воздействия: фоновом, глобальном и региональном, на промежуточном, в местах критических уровней воздействия.

Методы мониторинга: полевые наблюдения, экспериментальные исследования, математическое моделирование. Лесной экологический мониторинг. Мониторинг покрова тропического леса; океана. Использование спутниковых систем в мониторинге.

Мониторинг на суше на базе биосферных заповедников. Программа фонового экологического мониторинга в биосферных заповедниках. Мониторинг состояния климаксных экосистем, сукцессионной динамики биоценозов.

Функционирование и динамика природных геосистем. Переменные состояния и ритмика природных геосистем. Суточные, погодные, сезонные, годовые состояния. Флуктуации и многолетние циклы. Проблема устойчивости природных геосистем. Механизмы ландшафтной саморегуляции.

Глобальная оценка деградации почвы. Мониторинг водных ресурсов; фонового состояния биосферы; живых морских ресурсов; возможных изменений климата. Мониторинг состояния наземных экосистем; здоровья; загрязнения океана.

Климатический мониторинг. Получение основных климатических данных и информации, необходимой для анализа изменчивости климата. Мониторинг озона. Мониторинг состояния климатической системы. Мониторинг факторов, воздействующих на состояние климатической системы и климат, и источников факторов воздействия. Наблюдения за электромагнитной солнечной радиацией в широком диапазоне, магнитным полем, корпускулярным излучением, тепловыми выбросами и выбросами различных веществ в биосферу, аэрозолями и примесями. Мониторинг последствий климатических изменений и колебаний. Приоритетность и точность измерений. Спутниковый климатический мониторинг.

Слежение за состоянием различных компонентов городской среды. Изменение атмосферы, гидросферы, литосферы, геологической среды и биосферы городов. Сельская среда. Природно-антропогенные процессы. Методы слежения и управления пахотными и пастбищными угодьями.

[1, с. 56-106; 12, с. 120-147]

## **Раздел 2. Виды загрязнений среды и методы контроля**

### **2.1. Методы контроля химического загрязнения биосферы**

Общие представления о химическом загрязнении среды. Источники химического загрязнения биосферы: транспорт, промышленность, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство городов. Общие закономерности распределения химических загрязняющих веществ в биосфере.

Основные виды химических загрязняющих веществ: соединения серы, фосфора, азота; галогены, озон, фреоны; оксиды углерода и углеводороды; селен; тяжелые металлы; ароматические соединения; нефть и нефтепродукты; детергенты в природных средах; пестициды в биосфере.

Виды влияния загрязнений на окружающую среду, устойчивость природных систем. Техногенные потоки веществ в биогеоценозе. Миграция химических элементов в почвенном профиле. Влияние газопылевых выбросов на растительность. Общие экологические последствия промышленного загрязнения биогеоценозов.

Воздействие химических загрязняющих веществ на человека. Понятие о фитотоксичности. Классификация токсикантов. Острая и хроническая токсичность. Химическое загрязнение, пищевые цепи и здоровье человека. Острые и хронические отравления, аллергии, нарушение репродуктивных функций.

Проблема проверки лекарственных средств. Использование медикаментов (эстрогенов, бета-блокаторов, гормональных препаратов тиреостатиков и антибиотиков) в сельском хозяйстве.

Методы мониторинга химических загрязнений: химические, спектрографические, лазерные, нейтронные и биологические. Индикаторы загрязнения среды. Биологические индикаторы загрязнения среды.

Методы контроля за содержанием загрязняющих химических веществ в биосфере и биогеоценозах. Принципы и задачи почвенного мониторинга. Контролируемые показатели методы почвенно-химического мониторинга. Контроль состояния воздуха и газопылевых потоков. Контроль состава сточных вод. [2, с. 48-115; 159-164; 12, с. 120-130; 13, с. 117-169]

## **2.2. Электромагнитное загрязнение окружающей среды**

Влияние естественных и искусственных электромагнитных полей на биосферу. Естественные и антропогенные источники электромагнитных полей.

Уравнения Максвелла. Уравнение распространения электромагнитных волн. Характеристики электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга. Условия излучения.

Электрические свойства и импеданс биологических тканей. Действие стационарных электрических и магнитных полей на живую клетку и биологические системы. Физические процессы в тканях при воздействии током и электромагнитными полями. Биологическое воздействие электромагнитных излучений (ЭМИ) на здоровье человека. Электрические поля в жилищах.

Влияние естественных и искусственных слабых магнитных полей низкочастотного диапазона на процессы жизнедеятель-

ности. Санитарные нормы допустимого электромагнитного воздействия. Приборы контроля электромагнитного излучения.

Нелинейные эффекты в ионосфере и магнитосфере планеты, возникающие под воздействием электромагнитных волн низкой частоты и радиопередатчиков.

[3, с. 218-240; 11, с. 5-25; 13, с. 23-26]

## **2.3. Радиационное загрязнение биосферы, основные источники загрязнения**

Естественная и искусственная радиоактивность. Виды радиоактивности. Изотопы, радиоактивные ряды.

Источники радиации и их влияние на функционирование биосферы и жизнедеятельность человека. Естественные источники радиации: космические лучи, земная радиоактивность. Искусственные источники радиации: излучение в медицине, ядерные взрывы, энергетика. Радиоактивные отходы и выбросы, их циркуляция в биогеоценозах.

Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом. Физические процессы в живых организмах при облучении радионуклидами. Биологическое действие радиации. Психологические аспекты радиации.

Методы регистраций ионизирующего излучения. Нормы радиационной безопасности. Дозиметрия. Радиационный дозиметрический контроль.

[2, с. 157-159; 3, с. 308 –320; 5, с. 143 –161; 7, с. 82 –120; 8, с. 37-81; 13, с. 216-234]

## **2.4. Современные физические методы мониторинга**

Лазерная спектроскопия природных сред, лазерное зондирование и диагностика экосистем. Люминесцентная спектроскопия природных и антропогенных органических соединений. Радиолокационное зондирование и радиометрия в миллиметровом диапазоне.

Средства для глобального акустического мониторинга океана. Бортовые обнаружители слабых магнитных объектов.

Мониторинг состояния и экологии верхней атмосферы методом спутниковой радиотомографии.

Первичные полупроводниковые преобразователи для системы мониторинга водной и воздушной среды.

Моделирование систем регистрации и формирования изображений объектов при дистанционном зондировании.

[3, с. 240-295]

### **2.5. Акустическое загрязнение окружающей среды**

Основные понятия акустики. Шумовое загрязнение окружающей среды. Источники шума и шумовые характеристики. Шум и человек. Уровень шума. Показатель транспортного шума. Уровень шумового загрязнения. Измерение звуковой мощности, интенсивности звука. Нормирование шума. Основные источники шума в городе. Приборы для измерения шума. Влияние шума на организм человека и животных. Шумовые стрессы и биологические часы. Шумовая болезнь. Звуковой пейзаж, борьба с шумом.

Вибрация. Источники вибрации, воздействие вибрации на организм.

Новые методы и средства исследования и снижения акустических шумов высокой интенсивности и инфразвука.

[3, с. 40-65, 92-102; 5, с. 161 –170; 13, с. 250-270]

### **2.6. Биосферный мониторинг. Биологическое загрязнение окружающей среды**

Виды биосферного мониторинга: мониторинг лесов, генетический мониторинг, медикобиологический мониторинг.

Изменение агробиоценозов. Влияние нарушения внешней среды на защитные механизмы человека и животных: обеднение гено- и ценофонда, упрощение фитоценотической структуры, снижение стабильности природной среды.

Биологические загрязнители и возбудители инфекционных заболеваний: патогенные бактерии, простейшие болезнетворные организмы, вирусы, плесневые грибки, ботулотоксины, гельминты, насекомые. Источники и переносчики инфекции; инфекционные заболевания; природно-очаговые болезни. Очистные сооружения, механическая и биологическая очистка сточных вод.

Эколого-эпизоотическая обстановка. Чрезвычайные биолого-социальные ситуации. Вспышки инфекционных болезней, бактериальные загрязнения. Контроль качества и безопасности продовольственного сырья и продуктов питания, методы биологического контроля окружающей среды.

Геном человека. Генные заболевания. Генная терапия. Типы генотерапевтических вмешательств. Перспективы генной терапии онкологических и терапевтических вмешательств. Проблемы трансгенной инженерии.

Медико-биологический и демографический мониторинг. Показатели состояния здоровья населения. Медико-демографическая ситуация. Динамика и особенности заболеваемости населения. Состояние здоровья нации.

[1, с. 151-177; 7, с. 9-84]

### **2.7. Моделирование, прогноз и управление в системе мониторинга**

Автоматические системы экологического контроля. Экспертные системы в экологии. Экологическая информация. Структура информационного и программного обеспечения мониторинга. Картографический метод. Картографическое обеспечение мониторинга.

Геоэкологическое картирование территорий ПТС. Геоинформационная система (ГИС) как основа автоматизированной информационной системы мониторинга. Программные и аппаратные средства ГИС.

Системный анализ влияния хозяйственной деятельности на экосистемы. Кибернетические свойства экосистем. Механизмы обеспечения стабильности экосистем. Применение методологии системного подхода к исследованию экосистем и сложных экологических ситуаций. Основные положения системного подхода. Методы построения математических моделей для оценки воздействия хозяйственной деятельности на биосферу.

Моделирование в системе мониторинга. Материальные (физические) и идеальные модели. Постоянно действующие (ПДМ) и комплексные модели в системе мониторинга. Глобальное моделирование.

Разработка физических и математических моделей воздействий антропогенных факторов на околоземное пространство (ОКП) и космические аппараты.

Модель геосистемы как научная основа природопользования. Типы географических моделей. Природно-технические системы.

Виды и методы прогнозирования изменений окружающей среды. Прогнозные карты изменения окружающей среды. Прогнозирование экологической обстановки и последствий антропогенного воздействия на окружающую среду. Оценка прогнозируемого состояния.

Виды прогнозов по времени; по территории; по содержанию.

Логические и формализованные методы прогнозирования последствий антропогенного воздействия на окружающую среду.

Понятия теории управления. Принятие управляющих решений. Экспертные экологические оценки и решения.

Особенности организации мониторинга при различных видах хозяйственного освоения территорий. Мониторинг линейных транспортных систем.

[5, с. 280-296, 287 –320, 347-368]

### **2.8. Экологический мониторинг в России**

Единая государственная система экологического мониторинга. (ЕГСЭМ): подход к охране окружающей среды, проблемам экологической безопасности и устойчивого развития страны. Системные подходы ЕГСЭМ. Региональные подразделения ЕГСЭМ. Служба мониторинга природной среды.

Государственная сеть мониторинга окружающей среды. Государственный мониторинг геологической среды (ГМГС). Российское космическое агентство (РАИ) и глобальные информационные сети мониторинга (ГИС). Международные обязательства России в области экологического мониторинга. Основные направления повышения эффективности работ по созданию и функционированию ЕГСЭМ.

[1, с. 10-15, 93-156]

### **2.9. Мониторинг урбанизированных территорий (на примере местности проживания студентов)**

Зоны стабильного неблагоприятного состояния атмосферы. Радиационная обстановка. Управление мониторингом. Контроль атмосферного воздуха. Размещение промышленных предприятий и станций контроля качества воздуха на территории. Наблюдение за водами и почвами. Шумовое, инфразвуковое, радиационное и электромагнитное загрязнение окружающей среды. Медико-демографическая ситуация и динамика заболеваемости населения.

[5, с. 177-219]

Примечание. Тему 2.9. студенты изучают самостоятельно на примере конкретного региона.

### **4.3. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**

| № п/п | № раздела дисциплины | Наименование лабораторных работ   |
|-------|----------------------|---|
| 1     | 1                    | Изучение радиационной загрязненности местности картографическим методом                                     |
| 2     | 2                    | Изучение радиационного аспекта экологического состояния окружающей среды                                    |
| 3     | 2                    | Мониторинг кислотности атмосферных осадков и почв в разных точках района                                    |
| 4     | 2                    | Моделирование механизма «парникового эффекта»   |
| 5     | 1                    | Составление геоэкологических карт   |
| 6     | 2                    | Оценка шумовой нагрузки и уровней шумового (звукового) давления на рабочих местах и прилегающих территориях |
| 7     | 2                    | Определение минерального состава природных вод  |
| 8     | 2                    | Методы пространственного позиционирования на местности  |
| 9     | 2                    | Оценка содержания в воздухе углекислого газа  |
| 10    | 2                    | Определение экологического состояния почвы. Анализ природно-технической системы                             |
| 11    | 2                    | Оценка количества выбросов вредных веществ в воздух от автотранспорта                                       |
| 12    | 2                    | Изучение продолжительности жизни людей  |

## 5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

### Контрольная работа

#### ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Студентам необходимо выполнить контрольную работу по данной дисциплине.

Решение задач и ответы на теоретические вопросы должны быть коротко, но четко обоснованы. При решении задач необходимо приводить весь ход решения и математические преобразования.

Контрольная работа должна быть аккуратно оформлена, написана четко и ясно, 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 учебный шифр студента, 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 незачтенной 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 считается зачтенной.

Контрольная работа по дисциплине «Современные методы мониторинга окружающей среды» состоит из шести задач:

**Задача 1** – спектральные методы в мониторинге природных сред.

**Задача 2** – электромагнитное загрязнение окружающей среды.

**Задача 3** – радиационное загрязнение биосферы.

**Задача 4** – акустическое загрязнение окружающей среды.

**Задача 5** – химической загрязнение окружающей среды.

**Задача 6** – воздействие загрязняющих веществ (ионов металлов) на человека и животных (абсорбция, распределение и токсичность ионов металлов).

Номера задач в контрольной работе выбираются по последней цифре учебного шифра студента.

При оформлении работы условие задачи должно быть воспроизведено полностью без сокращений; каждая задача оформляется на отдельном листе; каждое задание должно содержать подробное объяснение; в конце работы необходимо привести список использованной литературы.

Таблица 1

| № варианта<br>(последняя цифра<br>учебного шифра<br>студента) |    |    |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|
| 1   | 11 | 21 | 31 | 41 | 51 | 61 |
| 2   | 12 | 22 | 32 | 42 | 52 | 62 |
| 3   | 13 | 23 | 33 | 43 | 53 | 63 |
| 4   | 14 | 24 | 34 | 44 | 54 | 64 |
| 5   | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 |
| 6   | 16 | 26 | 36 | 46 | 56 | 66 |
| 7   | 17 | 27 | 37 | 47 | 57 | 67 |
| 8   | 18 | 28 | 38 | 48 | 58 | 68 |
| 9   | 19 | 29 | 39 | 49 | 59 | 69 |
| 0   | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |



## Задача 1. Спектральные методы в мониторинге природных сред

1. **Обобщенная формула Бальмера**, описывающая серии спектра водорода

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где  $\lambda$  — длина волны спектральных линий в спектре атома водорода;  
 $R$  — постоянная Ридберга;  
 $m$  — определяет серию;  $n$  — определяет отдельные линии соответствующей линии (длины волны):  
 $m=1, n=2,3,4,\dots$  серия Лаймана;  
 $m=2, n=3,4,5,\dots$  серия Бальмера;  
 $m=3, n=4,5,6,\dots$  серия Пашена;  
 $m=4, n=5,6,7,\dots$  серия Брэккета.

2. **Закон Мозли** утверждает, что корень квадратный из частоты характеристического рентгеновского излучения атома химического элемента и его атомный номер  $Z$  связаны линейной зависимостью. Это дает возможность определить порядковый номер  $Z$  неизвестного элемента, если известна частота излучения для  $K$ -серии:

$$\frac{1}{\lambda} = R(Z - b)^2 \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где  $Z$  — порядковый номер элемента, из которого сделан антикатод;  
 $b$  — постоянная экранирования;  
 $k$  и  $n$  — номера электронных орбит;

$$R = 1,097 \cdot 10^7 \frac{1}{\text{м}} \text{ — постоянная Ридберга.}$$

В рентгеновских спектрах серия  $K$  — самая коротковолновая, ей соответствуют переходы между орбитами с квантовыми числами  $n=2$  и  $k=1$ . Следующие в сторону более длинных волн — серии  $L$ ,  $M$  и  $N$  наблюдаются у тяжелых элементов.

3. Энергия кванта света, излучаемого атомом водорода при переходе с одной орбиты на другую:

$$\varepsilon = E_i \left( \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где  $E_i$  — энергия ионизации атома водорода,  
 $E_i = 13,6 \text{ эВ}$ ,  
 $m$  и  $n$  — номера орбит.

*Энергия ионизации*, эВ, численно равна потенциалу ионизации, В. *Потенциалом ионизации* называется ускоряющая разность потенциалов, которую должен пройти бомбардирующий электрон, чтобы приобрести кинетическую энергию, достаточную для ионизации атома.

4. **Формула частоты комбинационного рассеяния**

$$\nu = \nu_0 \pm \Omega,$$

где  $\nu_0$  — частота источника возбуждения;  
 $\Omega$  — частота молекулярных колебаний;  
+ — относится к антистоксовой компоненте;  
— — относится к стоксовой компоненте.

**Пример 1.** При лазерном мониторинге содержания  $\text{HCl}$  в атмосфере используется аргоновый лазер с длиной волны  $514,5 \text{ нм}$ . Определить длины волн и частоты стоксовых  $\nu_s$  и антистоксовых  $\nu_a$  компонент рассеянного излучения, если частота колебаний молекулы  $\text{HCl}$  равна  $86,5 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$ .

Дано:

$$\lambda_0 = 514,5 \text{ нм} = 514,5 \cdot 10^{-9} \text{ м};$$

$$\Omega = 86,5 \cdot 10^{12} \text{ Гц.}$$

Найти  $\nu_s$  и  $\nu_a$ .

*Решение.* Частота излучения лазера  $\nu_0 = c / \lambda_0$ ,  
где  $c$  — скорость света;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

**Частота стоксовой компоненты комбинационного рассеяния** равна:

$$\nu_s = \nu_0 - \Omega = c / \lambda_0 - \Omega.$$

**Частота антистоксовой компоненты комбинационного рассеяния** равна:

$$\nu_a = \nu_0 + \Omega = c/\lambda_0 + \Omega.$$

**Длина волны стоксовой компоненты**

$$\lambda_s = \frac{\tilde{h}}{\nu_s} = \frac{c}{\frac{c}{\lambda_0} - \Omega}.$$

**Длина волны антистоксовой компоненты**

$$\lambda_a = \frac{c}{\nu_a} = \frac{c}{\frac{c}{\lambda_0} + \Omega}.$$

Проведем расчеты.

Частоты рассеянного излучения:  
стоксовая компонента

$$\nu_s = (3 \cdot 10^8 / 514,5 \cdot 10^{-9}) - 86,5 \cdot 10^{12} = 4,97 \cdot 10^{14} \text{ Гц};$$

антистоксовая компонента

$$\nu_a = (3 \cdot 10^8 / 514,5 \cdot 10^{-9}) + 86,5 \cdot 10 = 6,70 \cdot 10^{14} \text{ Гц}.$$

Длины волн рассеянного излучения:  
стоксовая компонента

$$\lambda_s = \frac{3 \cdot 10^8}{4,97 \cdot 10^{14}} = 6,04 \cdot 10^{-7} = 604 \text{ нм};$$

антистоксовая компонента

$$\lambda_a = \frac{3 \cdot 10^8}{6,70 \cdot 10^{14}} = 4,48 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 448 \text{ нм}.$$

Ответ:  $\nu_s = 4,97 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ ;  $\nu_a = 6,70 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ ;  $\lambda_s = 604 \text{ нм}$ ;  $\lambda_a = 448 \text{ нм}$ .

**Пример 2.** Для определения содержания элементов от Na до U в выбросах применяется рентгенофлуоресцентный метод. Рассчитать длины волн характеристического рентгеновского излучения серий K, которое наблюдается при содержании в почве меди. Принять  $b=1$ .

Дано:

Элемент Cu;

$Z = 29$ ;

серия K;

$n = 1$ ;

$m = 2, 3, 4$ ;

Найти:  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ .

**Решение.** Рентгенофлуоресцентный метод состоит в возбуждении электронов внутренней оболочки атомов мягким рентгеновским излучением. При этом наблюдается флуоресценция в рентгеновском диапазоне характеристических линий, частота которых подчиняется **формуле Мозли**:

$$\frac{1}{\lambda} = R(Z-b)^2 \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right),$$

где  $R$  — постоянная Ридберга.

При флуоресценции характеристического излучения K-серии возбужденный электрон из состояния с одним из квантовых чисел  $n = 2, 3, 4$  переходит в основное состояние  $k = 1$ .

Длины волн вычисляются соответственно по формуле

$$\lambda = \frac{1}{R(Z-b)^2 \left( \frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)}.$$

Подставляя значения  $R, n, b, k$  и  $Z = 29$ , получаем:

$$\lambda_1 = 1,55 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 155 \text{ пм}; \quad \lambda_2 = 1,29 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 129 \text{ пм};$$

$$\lambda_3 = 1,24 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 124 \text{ пм}.$$

### Задачи

10. Найдите границы серии Лаймана (в частотах и длинах волн). Сопоставьте эти данные с интервалами частот и длин волн видимого света. В каком диапазоне частот находятся эти линии?

11. Найдите границы серии Бальмера (в частотах и длинах волн). Сопоставьте эти данные с интервалами частот и длин волн видимого света. В каком диапазоне частот находятся эти линии?

12. Определите длины волн первых трех линий серии Пашена для атомарного водорода. Указать, в каком диапазоне (ультрафиолетовом, видимом, инфракрасном) они находятся.

13. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

14. Определить наименьшую энергию фотона в атоме водорода при переходе с одного уровня на другой в серии Бальмера.

15. Вычислить приближенно длину волны  $K$ -линии Fe и соответствующую этой длине волны частоту.

16. Известно, что длина волны  $K$ -линии одного элемента равна 0,1713 нм. Выяснить по таблице Менделеева, какой это элемент.

17. При лазерном мониторинге содержания CO в атмосфере используется аргоновый лазер с длиной волны 514,5 нм. Определить длины волн стоксовых и антистоксовых компонент рассеянного излучения, если частота колебаний молекулы CO равна  $64,4 \cdot 10^{12}$  Гц.

18. При лазерном мониторинге содержания NO в атмосфере используется аргоновый лазер с длиной волны 514,5 нм. Определить длины волн стоксовых и антистоксовых компонент рассеянного излучения, если частота колебаний молекулы NO равна  $56,3 \cdot 10^{12}$  Гц.

19. При лазерном мониторинге содержания CO в атмосфере используется гелий-неоновый лазер с длиной волны 632,8 нм. Определить длины волн стоксовых и антистоксовых компонент рассеянного излучения, если частота колебаний молекулы CO равна  $64,4 \cdot 10^{12}$  Гц.

### Задача 2. Электромагнитное загрязнение окружающей среды

1. Энергия, масса и импульс фотона:

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda};$$

$$m = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{\lambda c};$$

$$p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda},$$

где  $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$  Дж · с — постоянная Планка;

$\lambda, \nu$  — длина и частота электромагнитного излучения;

$c = 3 \cdot 10^8$  м/с — скорость электромагнитных волн в вакууме.

2. Частота, соответствующая коротковолновой границе сплошного рентгеновского спектра, определяется из соотношения:

$$h\nu_0 = eU.$$

3. Объемная плотность энергии электромагнитного поля:

$$w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} = \varepsilon\varepsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2.$$

4. Связь между мгновенными значениями напряженностей электрического  $E$  и магнитного  $H$  полей электромагнитной волны:

$$\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} \dot{A} = \sqrt{\mu\mu_0} \dot{I}.$$

5. Плотность потока электромагнитной энергии — вектор Умова-Пойтинга

$$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}].$$

**Пример 3.** Считая, что на внешнее излучение уходит 5% мощности СВЧ-печи, определить безопасное расстояние, на котором можно находится вблизи печи, если при работе печи не более 20 мин. допустимая плотность потока энергии равна 10 мВт/см<sup>2</sup>.

СВЧ - печь считать за точечный источник излучения мощностью 1 кВт.

Дано:

$$S_0 = 10 \text{ мВт/см}^2 = 10 \text{ Вт/м}^2;$$

$$\eta = 5\% = 0,05;$$

$$P_0 = 1 \text{ кВт} = 10^3 \text{ Вт.}$$

Найти  $r > r_0$ .

*Решение.* Если считать печь точечным источником излучения, то энергия, приходящаяся на единицу площади в единицу времени (т.е. плотность потока энергии или плотность мощности) на расстоянии  $r$  равна:

$$S(r) = \frac{\eta P_0}{4\pi r^2}.$$

При продолжительности воздействия излучения не более 20 мин. санитарные нормы ограничивают плотность потока энергии не более  $S_0 = 10 \text{ Вт/м}^2$ .

Это означает, что находиться около источника можно только на расстояниях, на которых модуль вектора излучения Умова-Пойнтинга (плотность потока энергии) будет меньше, чем  $S_0$ .

$$S(r) < S_0;$$

$$S(r) = \frac{\eta P_0}{4\pi r^2};$$

$$S(r) = \frac{\eta P_0}{4\pi r^2} < S_0;$$

$$r > r_0 = \sqrt{\eta P_0 / 4\pi S_0} r > r_0 \sqrt{\frac{\eta P_0}{4\pi S_0}}.$$

Проведем вычисления:

$$r_0 = \sqrt{\frac{0,05 \cdot 10^3}{4 \cdot 3,14 \cdot 10}} = 0,63 \text{ м.}$$

Ответ: находиться можно только на расстояниях, больших, чем  $r > r_0 = 0,63 \text{ м}$ .

**Пример 4.** Концентрация электронов слоя ионосферы Земли составляет ночью  $N_e = 2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$ . Определить, какие электромагнитные волны отражаются от F-слоя ионосферы Земли ночью.

Дано:

$$N_e = 2 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3} = 2 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-3};$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м.}$$

*Решение.* F-слой ионосферы представляет собой плазменный слой с концентрацией электронов, которая меняется в зависимости от времени суток. Диэлектрическая проницаемость плазмы равна:

$$\epsilon = 1 - (\omega_0/\omega)^2 = 1 - e^2 N_e / m\omega^2 \epsilon_0,$$

где  $N_e$  — концентрация заряженных частиц;

$e, m$  — заряд и масса электрона;

$\omega$  — круговая частота излучения;

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  — электрическая постоянная.

При увеличении концентрации электронов или уменьшении частоты диэлектрическая проницаемость уменьшается. При диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ , меньшей нуля, электромагнитные волны затухают и отражаются от границы с  $\epsilon = 0$ .

Электромагнитные волны отражаются от границы слоя ( $\epsilon = 0$ ), если круговая частота  $\omega < \omega_0 = \sqrt{e^2 N_e / m\epsilon_0}$ .

Для частоты  $\nu = \omega/2\pi$  справедливо соотношение:

$$\lambda = \frac{\tilde{n}}{\nu_0} = \sqrt{\frac{4\pi^2 \tilde{n}^2 m\epsilon_0}{e^2 N_e}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,86 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 9 \cdot 10^{16} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 10^{11} \cdot 2,56 \cdot 10^{-38}}} = 74,42 \text{ м.}$$

Ответ: ночью электромагнитные волны с длинами волн большими, чем 74,42 м отражаются от F-слоя.

#### Задачи

20. Известно, что санитарная норма в России воздействия электромагнитного излучения в ближней зоне радиолокационных и телевизионных станций составляет не более 10 мкВт/см<sup>2</sup>.

Определить верхнюю границу напряженности электрического поля в электромагнитной волне.

21. Считая, что на внешнее излучение уходит 10 процентов мощности СВЧ-печки, определить безопасное расстояние, если при работе печи не более 20 минут предельная допустимая плотность энергии равна  $1 \text{ мВт/см}^2$ . СВЧ-печь считать за точечный источник мощностью 1 кВт.

22. Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля, создаваемого ТВ станциями на частоте 300 МГц составляет  $2,5 \text{ В/м}$ . Определить предельно допустимый уровень плотности потока энергии.

23. Лазерное излучение используют в различных областях медицины. Сравните энергию квантов лазерного излучения со следующими длинами волн:

- а) офтальмология («приваривание» сетчатки  $\lambda = 0,514 \text{ мкм}$ );
- б) терапия  $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$ .

24. Радиосигнал посылается вверх и отражается от  $E$ -слоя на высоте 100 км. Концентрация электронов в  $E$ -слое равна  $10^5 \text{ см}^{-3}$  в дневное время. Определите частоту радиосигнала.

25. Радиосигнал посылается вверх и отражается от  $F_1$ -слоя на высоте 200 км. Концентрация электронов в  $F_1$ -слое равна  $10^6 \text{ см}^{-3}$  в дневное время. Определите частоту радиосигнала.

26. Концентрация электронов на высоте 200 км в ночное время составляет  $10^5 \text{ см}^{-3}$ , а в дневное время такая концентрация электронов наблюдается на высоте 100 км. Радиосигнал какой частоты даст информацию о состоянии атмосферы на этих высотах в дневное и ночное время?

27. На каких частотах должна вестись связь с космическими аппаратами мониторинга окружающей среды в ночное и дневное время, если максимальная концентрация электронов в атмосфере составляет  $10^7 \text{ см}^{-3}$ ?

28. Будут ли отражаться электромагнитные волны с граничной частотой 9 МГц в дневное время от  $F_1$ -слоя на высоте 200 км, если концентрация электронов в нем равна  $10^6 \text{ см}^{-3}$ ?

29. Будут ли отражаться электромагнитные волны с граничной частотой 9 МГц в дневное время от  $F_1$ -слоя на высоте 200 км, если концентрация электронов в нем равна  $10^5 \text{ см}^{-3}$ ?

### Задача 3. Радиационное загрязнение биосферы

#### 1. Основной закон радиоактивного распада

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где  $N$  — число не распавшихся атомов в момент времени  $t$ ;

$N_0$  — число не распавшихся ядер в момент времени, принятый за начальный при  $(t = 0)$ ;

$e$  — основание натурального логарифма;

$\lambda$  — постоянная радиоактивного распада.

2. *Период полураспада  $T_{1/2}$*  — промежуток времени, за который число не распавшихся атомных ядер уменьшается в два раза. Период полураспада связан с постоянной распада соотношением

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

#### 3. Число атомов, распавшихся за время $t$

$$N = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}).$$

#### 4. Число атомов, содержащихся в радиоактивном изотопе:

$$N = \frac{m N_A}{M},$$

где  $m$  — масса изотопа;

$M$  — молярная масса изотопа;

$N_A$  — постоянная Авогадро.

5. *Активность  $A$  нуклида в радиоактивном источнике* (активность изотопа) определяется по формуле

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}.$$

#### 6. Активность изотопа в начальный момент времени $t = 0$

$$A_0 = \lambda N_0.$$

7. Активность изотопа изменяется со временем по закону:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}.$$

8. Массовая активность  $a$  радиоактивного изотопа:

$$a = A/m.$$

9. Закон ослабления узкого пучка моноэнергетических  $\gamma$ -лучей при прохождении через поглощающее вещество:

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

где  $I$  — интенсивность  $\gamma$ -лучей в веществе на глубине  $x$ ;

$I_0$  — интенсивность  $\gamma$ -лучей, падающих на этот слой;

$e$  — основание натурального логарифма;

$\mu$  — линейный коэффициент ослабления, зависящий от длины волны  $\gamma$ -лучей и от плотности вещества.

10. Слой половинного ослабления называется слой, толщина  $x_{1/2}$  которого такова, что интенсивность проходящих через него  $\gamma$ -лучей уменьшается в 2 раза:

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}.$$

**Пример 5.** Определить начальную активность  $A_0$  радиоактивного магния  $^{27}\text{Mg}$  массой  $m = 0,2$  мкг, а также активность  $A$  по истечении времени  $t = 1$  ч. Предполагается, что все атомы изотопа радиоактивны.

*Решение.* Начальная активность изотопа

$$A_0 = \lambda N_0, \quad (1)$$

где  $\lambda$  — постоянная радиоактивного распада

$N_0$  — количество атомов изотопа в начальный момент ( $t = 0$ ).

Если учесть, что  $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$ ,  $N_0 = \frac{m}{M} N_A$ , то формула (1) примет вид

$$A_0 = \frac{m N_A}{M T_{1/2}} \ln 2, \quad (2)$$

Выразим входящие в эту формулу величины в СИ и проведем вычисления:

$$A_0 = 5,15 \cdot 10^{12} \text{ Бк} = 5,15 \text{ ТБк}.$$

Активность изотопа уменьшается со временем по закону:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}. \quad (3)$$

Заменив в формуле (3) постоянную распада  $\lambda$  ее выражением, получим

$$A = A_0 e^{-\ln 2 \cdot t / T_{1/2}} = A_0 (e^{\ln 2})^{-t / T_{1/2}},$$

поскольку  $e^{\ln 2} = 2$ , то окончательный вид уравнение будет иметь следующий:  $A = A_0 / 2^{t / T_{1/2}}$ .

Сделав подстановку числовых значений, получим:

$$A_0 = 8,05 \cdot 10^{10} \text{ Бк} = 80,5 \text{ ГБк}.$$

**Пример 6.** Вычислить толщину слоя половинного ослабления параллельного пучка  $\gamma$ -лучей для воды, если линейный коэффициент ослабления  $\mu = 0,047 \text{ см}^{-1}$ .

*Решение.* При прохождении  $\gamma$ -лучей через слой вещества происходит их поглощение, следовательно интенсивность  $\gamma$ -лучей экспоненциально убывает в зависимости от толщины слоя:

$$I = I_0 e^{-\mu x}.$$

Пройдя поглощающий слой толщиной, равной толщине слоя половинного ослабления  $x_{1/2}$ , пучок  $\gamma$ -лучей будет иметь интенсивность

$$I = I_0 / 2.$$

Подставив значение  $I$  и  $x$  в первую формулу, получим:

$$I_0/2 = I_0 e^{-\mu x_{1/2}},$$

$$1/2 = e^{-\mu x_{1/2}}.$$

Прологарифмировав последнее выражение, получим иско-  
мое значение толщины слоя половинного ослабления:

$$x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}.$$

Подставив значение  $\mu = 0,047 \text{ см}^{-1}$  и  $\ln 2 = 0,693$ , найдем ве-  
личину  $x_{1/2}$ :

$$x_{1/2} = 0,693/0,047 = 14,7 \text{ см}.$$

Соответственно, слой воды толщиной в 14,7 см снижает ин-  
тенсивность  $\gamma$ -лучей в два раза.

### Задачи

30. Какая доля начального количества атомов распадется за  
один год в радиоактивном изотопе тория  $^{229}_{90}\text{Th}$ . Период полу-  
распада этого изотопа  $T_{1/2} = 7000$  лет.

31. В кровь человека ввели небольшое количество раствора,  
содержащего  $^{24}_{11}\text{Na}$  с активностью  $A = 2,0 \cdot 10^3$  Бк. Активность  
 $1 \text{ см}^3$  крови через 5,0 ч оказалась  $A = 0,267$  Бк/см<sup>3</sup>. Найти объем  
крови человека. Период полураспада натрия  $T_{1/2} = 14,8$  часа.

32. Счетчик Гейгера, установленный вблизи препарата ра-  
диоактивного изотопа серебра, при первом измерении регист-  
рировал 5200  $\beta$ -частиц в минуту, а через сутки только 1300. Оп-  
ределить период полураспада изотопа.

33. Применяемый для подавления весеннего прорастания  
картофеля и других овощей радиоактивный  $^{60}_{27}\text{Co}$  имеет пери-  
од полураспада  $T_{1/2} = 5,3$  года. В овощехранилище заложено ко-  
личество  $^{60}_{27}\text{Co}$ , имеющего активность  $A = 10$  Ки. Определить  
активность кобальта через два года.

34. В сосуды, содержащие по 8 кг земли для проведения агро-  
биологического эксперимента, внесен радиоактивный фосфор

$^{32}_{15}\text{P}$  из расчета  $A_0 = 0,3$  мкКи на 1 кг почвы. Определите актив-  
ность изотопа в каждом сосуде к концу опыта, т.е. через 43 сут.  
Период полураспада этого изотопа фосфора  $T_{1/2} = 14,8$  сут.

35. Для уничтожения вредителей зерна в зернохранилище  
использован  $^{60}_{27}\text{Co}$  в виде проволоки массой 1 г. Содержание ра-  
диоактивного кобальта в проволоке составляет 0,01% от массы  
проволоки. Определить активность  $A$  радиоактивного кобальта,  
период полураспада этого изотопа кобальта  $T_{1/2} = 5,3$  года.

36. Для повышения урожайности семена пшеницы были на-  
мочены в растворе азотнокислого натрия, в котором натрий пред-  
ставлен радиоактивным изотопом  $^{24}_{11}\text{Na}$ . Общая активность ра-  
створа, впитанного зерном, составила 1,6 мкКи. Во сколько раз  
уменьшится активность зерна через 3 суток после предпосевной  
обработки? Период полураспада натрия  $T_{1/2} = 14,8$  часа.

37. Сколько слоев половинного ослабления требуется, что-  
бы уменьшить интенсивность узкого пучка  $\gamma$ -лучей в 100 раз?

38. Чугунная плита уменьшает интенсивность узкого пучка  
 $\gamma$ -лучей (энергия квантов 2,8 МэВ) в 10 раз. Во сколько раз умень-  
шит интенсивность этого пучка свинцовая плита такой же тол-  
щины? Линейные коэффициенты ослабления для чугуна и свин-  
ца при данной энергии  $\gamma$ -лучей соответственно равны:

$$\mu_{\text{ч}} = 0,26 \text{ см}^{-1}, \quad \mu_{\text{с}} = 0,46 \text{ см}^{-1}.$$

39. Для  $\gamma$ -лучей энергией 1 МэВ толщины половинных сло-  
ев ослабления алюминия и свинца соответственно равны:

$$x_{1/2} = 4,5 \text{ см},$$

$$x_{1/2} = 0,87 \text{ см}.$$

Найдите линейные коэффициенты ослабления  $\mu$  этих ве-  
ществ.

### Задача 4. Акустическое загрязнение окружающей среды

1. Скорость распространения звука  $c$ , длина волны  $\lambda$  и частота  
звука  $\nu$  связаны соотношением

$$\lambda = \frac{\tilde{n}}{\nu}.$$

2. *Интенсивность волны* (плотность потока энергии)

$$I = \omega_p c,$$

где  $\omega$  — объемная плотность энергии колебательного движения;  
 $c$  — скорость волны.

3. Связь интенсивности звука ( $I$ ) и звукового давления ( $p$ ) для плоской волны:

$$I = \frac{p^2}{2\rho c},$$

где  $\rho$  — плотность среды, в которой распространяется звук;  
 $c$  — скорость звука.

4. *Бел (Б)* — в общем случае единица логарифмической относительной величины (логарифма отношения двух одноименных физических величин).

Например, *уровень интенсивности звука* в Б:

$$L_I = \lg \frac{I}{I_0}; \quad I = I_0 \cdot 10^{L_I},$$

где  $L_B$  — выраженный в Белах уровень интенсивности  $I$  звука относительно  $I_0$ , принятого за начальный уровень шкалы.

*Уровень интенсивности звука* в децибелах (дБ):

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}; \quad I = I_0 \cdot 10^{0,1L_I}.$$

Поскольку интенсивность звука прямо пропорциональна квадрату давления звука, то уровень давления звука в Б выражается:

$$L_p = \lg \frac{I}{I_0} = \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 2 \lg \frac{p}{p_0},$$

а в дБ:

$$L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{p}{p_0},$$

где  $p$  — амплитуда звукового давления.

Условно принимается, что  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> и  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па = =20 мкПа. Эти значения соответствуют *порогу слышимости* на частоте 1000 Гц. С достаточной степенью точности можно считать, что  $L_p = L_I$ .

5. *Уровень громкости*  $L_1$  зависит от уровня интенсивности звука и его частоты. Зависимость эта сложная, поэтому простым аналитическим соотношением она выражена быть не может.

6. *Чувствительность человеческого уха к тихому и громкому звуку* ограничена порогом слышимости и порогом болевых ощущений. Оба эти показателя зависят от частоты звука.

7. При наличии в помещении нескольких источников шума складываются интенсивности создаваемых ими звуковых волн, т.е.

$$I_{\text{общ}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n.$$

Отсюда для уровня интенсивности звука в дБ, создаваемого несколькими источниками, получаем следующее выражение:

$$L_{i \text{ äü}} = 10 \lg \frac{I_{i \text{ äü}}}{I_0} = 10 \lg \left( \frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + \dots + \frac{I_n}{I_0} \right).$$

Если шум создается равными по интенсивности источниками, то

$$L_{\text{общ}} = L_i + 10 \lg n,$$

где  $n$  — число источников шума,

$L_i$  — уровень шума  $i$ -ого источника



8. *Интенсивность звука на расстоянии  $r$  от точечного источника звука*, т.е. величина, численно равная энергии, переносимой за единицу времени через единицу площади, определяется соотношением:

$$I = \frac{N}{4\pi r^2},$$

где  $N$  — мощность точечного источника звука;  
 $r$  — расстояние от источника звука до точки звукового поля, в которой определяется интенсивность.

9. Частота колебаний, воспринимаемая наблюдателем (**эффект Доплера**):

$$\nu^1 = \frac{\tilde{n} \pm v}{\tilde{n} \mp u} \nu,$$

где  $\nu$  — частота, посылаемая источником звука;  
 $v$  — скорость движения наблюдателя;  
 $u$  — скорость движения источника;  
 $c$  — скорость распространения звука.

*Верхние знаки* соответствуют встречному движению наблюдателя и источника; *нижние* — движению их в противоположные стороны.

**Пример 7.** *Уровень звукового давления  $L_p = 40$  дБ. Найти амплитуду звукового давления.*

*Решение.* Уровень звукового давления  $L_p$ , выраженный в дБ, связан с амплитудой звукового давления  $p$  соотношением

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}. \quad (1)$$

Поскольку  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па (амплитуда звукового давления при нулевом уровне громкости), то

$$20 \lg \frac{p}{p_0} = 40.$$

Отсюда 
$$\frac{p}{p_0} = 10^2.$$

Произведем вычисления:

$$p = p_0 \cdot 102 = 2 \cdot 10^{-5} \cdot 102 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Па.}$$

Ответ: амплитуда звукового давления  $p = 2 \cdot 10^{-3}$  Па.

**Пример 8.** *Источник звука частотой  $\nu = 1800$  Гц приближается к неподвижно установленному резонатору, настроенному на акустическую волну длиной  $\lambda_{\text{рез.}} = 1,7$  см. С какой скоростью должен двигаться источник звука, чтобы возбуждаемые им звуковые волны вызвали колебания резонатора? (Скорость звука  $c = 340$  м/с).*

*Решение.* Согласно **принципу Доплера**, частота звука, воспринимаемая наблюдателем, зависит от скорости движения источника звука и скорости движения наблюдателя. Эта зависимость выражается формулой

$$\nu^1 = \frac{\tilde{n} \pm v}{\tilde{n} \mp u} \nu, \quad (1)$$

где  $\nu$  — частота звуковых волн, излучаемых источником;  
 $c$  — скорость звука;  
 $u$  — скорость движения источника;  
 $v$  — скорость движения наблюдателя;  
 $\nu^1$  — частота волн, воспринимаемых наблюдателем.

Учитывая, что наблюдатель остается неподвижным ( $v = 0$ ), из формулы (1) получаем:

$$\nu^1 = \frac{\tilde{n} \nu}{\tilde{n} - u}. \quad (2)$$

Отсюда

$$u = c \left( 1 - \frac{\nu}{\nu^1} \right). \quad (3)$$

В этом выражении неизвестно *числовое значение частоты*  $\nu^1$ .

Для того, чтобы волны, приходящие к резонатору, вызвали его колебания, частота воспринимаемых резонатором волн  $\nu^1$  должна совпадать с собственной частотой резонатора  $\nu_{\text{рез}}$ , т.е.:

$$\nu^1 = \nu_{\text{дв}} = \frac{c}{\lambda_{\text{дв}}}, \quad (4)$$

где  $\lambda_{\text{рез}}$  — длина волны собственных колебаний резонатора.

Подставив выражение  $\nu^1$  из равенства (4) в формулу (3), получим

$$\dot{\epsilon} = \tilde{n} \left( 1 - \frac{\nu \lambda_{\text{дв}}}{\tilde{n}} \right) = \tilde{n} - \nu \lambda_{\text{дв}}. \quad (5)$$

Подставим числовые значения в выражение (5):

$$u = 340 \text{ м/с} - 1,8 \cdot 10^4 \cdot 0,017 \text{ м/с} = 34 \text{ м/с}.$$

### Задачи

40. Известно, что человеческое ухо воспринимает упругие волны в интервале частот от  $\nu_1 = 20$  Гц до  $\nu_2 = 20$  кГц. Каким длинам волн соответствует этот интервал в воздухе в воде? Скорости звука в воздухе и воде соответственно равны  $\nu_1 = 340$  м/с и  $\nu_1 = 1400$  м/с.

41. Разрыв барабанной перепонки наступает при уровне интенсивности звука  $L_0 = 150$  дБ. Определите интенсивность и амплитудное значение звукового давления в волне для звука частотой,  $\nu = 1$  кГц, при которых может наступить разрыв барабанной перепонки.

42. Шум на улице, которому соответствует интенсивность звука  $L_1 = 50$  дБ, слышен в комнате так, как шум  $L_2 = 30$  дБ. Найдите отношение интенсивностей звука на улице и в комнате.

43. Звуковая волна частотой  $\nu = 200$  Гц проходит некоторое расстояние в поглощающей среде. Интенсивность звука при

этом уменьшится с  $I_1 = 10^{-4}$  Вт/м<sup>2</sup> до  $I_2 = 10^{-8}$  Вт/м<sup>2</sup>. На сколько дБ уменьшится уровень интенсивности?

44. Звуковая волна прошла через перегородку, вследствие чего уровень интенсивности звука уменьшился на 30 дБ. Во сколько раз уменьшилась интенсивность  $I$  звука?

45. Уровень интенсивности шума мотора  $L = 60$  дБ. Каков будет уровень интенсивности, если будут одновременно работать:

- 1) три таких мотора;
- 2) десять таких моторов?

46. Уровень интенсивности шума в помещении, где работают 5 моторов, равен 80 дБ. Каков будет уровень интенсивности шума в этом помещении, если отключить два мотора?

47. На расстоянии  $r_1 = 24$  м от источника шума малых линейных размеров уровень интенсивности звука  $L = 32$  дБ. Найти уровень интенсивности этого звука на расстоянии  $r_2 = 16$  м.

48. Два поезда идут навстречу друг другу со скоростями 72 км/ч и 54 км/ч. Первый поезд дает свисток с частотой 600 Гц. Найти частоту колебаний звука, который слышит пассажир второго поезда:

- 1) перед встречей поездов;
- 2) после встречи, когда поезда расходятся. Скорость звука в воздухе 340 м/с.

49. Мимо железнодорожной платформы проходит электропоезд. Наблюдатель, стоящий на платформе, слышит звук сирены электропоезда. Когда поезд приближается, кажущаяся частота звука  $\nu_1 = 1100$  Гц; когда поезд удаляется, кажущаяся частота  $\nu_2 = 900$  Гц. Найти скорость поезда и частоту звука, издаваемого сиреной электропоезда. Скорость звука 340 м/с.

### Задача 5. Химическое загрязнение окружающей среды и методы химического контроля химического загрязнения биосферы

Предприятия химической, целлюлозно-бумажной, оборонной, нефтеперерабатывающей промышленности, а также промышленности минеральных удобрений располагают крупными запасами вредных веществ. Значительные их запасы сосредото-

тачиваются на объектах аграрного и хозяйственного секторов страны. При транспортных операциях с опасными грузами также проявляются многие виды опасностей: *загрязнение окружающей среды, химическая активность, токсичность, коррозионность, радиоактивность, пожаро- и взрывоопасность*. Для недопущения аварийных ситуаций необходимо учитывать химические свойства опасных веществ. Их знание и применение соответствующих методов дезактивации, нейтрализации позволит свести к минимуму последствия ликвидации аварийных ситуаций.

Загрязняющими биосферу веществами могут быть соединения практически всех элементов периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Многие элементы имеют сходные свойства, и поэтому их удобнее рассматривать по группам, в которых элементы объединены по химическим или токсикологическим признакам.

**Пример 9.** *Опишите основные и опасные свойства, напишите соответствующие уравнения химических реакций оксида серы (IV).*

**Решение.** Оксид серы имеет химическую формулу  $\text{SO}_2$ ; представляет собой бесцветный газ с удушливым запахом горячей серы; растворим в воде. Температура кипения составляет  $-10^\circ\text{C}$ , поэтому  $\text{SO}_2$  является растворителем для многих органических (бензола, толуола и других) и неорганических (азота, воды) веществ. В  $\text{SO}_2$  сера имеет промежуточное значение степени окисления +4, и с химической точки зрения этот оксид является амфотерным как окислитель-восстановитель.

Опасные свойства  $\text{SO}_2$ : токсичность, химическая активность, действие на окружающую среду.

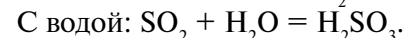
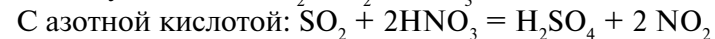
**Токсичность.** Уже при малых концентрациях диоксид серы создает неприятный вкус во рту и раздражает слизистые оболочки. Вдыхание воздуха содержащего более 0,2%  $\text{SO}_2$ , вызывает хрипоту, одышку и быструю потерю сознания.

Хроническое отравление сернистым газом (при малых концентрациях) ведет к потере аппетита, запорам и воспалению дыхательных путей. Максимально допустимой концентрацией  $\text{SO}_2$  в воздухе считается  $10\text{ мг/м}^3$ .

Оксид серы (IV) оказывает губительное действие и на растения, что обусловлено его растворением во влаге, находящейся на листьях. Образующийся раствор окисляется до серной кислоты кислородом воздуха, которая и оказывает вредное действие.

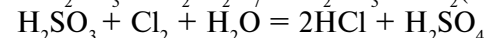
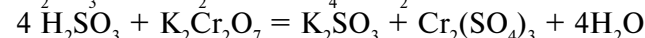
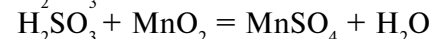
**Химическая активность.**  $\text{SO}_2$  является сильным восстановителем. Многие реакции сернистого газа протекают в водных растворах и поэтому являются реакциями серной кислоты.

Взаимодействие с кислородом воздуха может протекать при обычных условиях:  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$



При этом образуется серная кислота. Однако ее содержание в растворе невелико и составляет несколько процентов.

$\text{H}_2\text{SO}_3$  является сильным восстановителем:



Реакции  $\text{SO}_2$  как окислителя протекают при достаточно высоких температурах, поэтому в обычных условиях они не представляют опасности.

**Действие на окружающую среду.** Оксид серы образуется в больших количествах в промышленных районах, где сжигается много угля, содержащего даже небольшое количество серы (обычно 1–2%).

$\text{SO}_2$  в атмосфере вызывает конденсацию водяных паров в виде тумана и в том случае, когда концентрация паров (давление паров) меньше, чем необходимо для нормальной конденсации. Это объясняется тем, что  $\text{SO}_2$  образует с водой раствор, давление пара которого меньше, чем у чистой воды. Этот раствор переходит в жидкое состояние в виде мельчайших капель. Явление усугубляется наличием твердых частиц дыма, которые служат центрами конденсации для мельчайших капель тумана. Растворенный оксид серы (IV) и сернистая кислота окисляются до  $\text{SO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  соответственно. Образующийся туман и выпадающий дождь имеют кислую реакцию. Так происходит поражение растительности. Из деревьев наиболее чувствительны ели и сосны, из цветов — розы. Кислые дожди

действуют на овощи и фрукты. Вода водоемов, особенно озер, также закисляется, что ведет к исчезновению многих видов рыб и других живых организмов.

Кислая влажная среда вызывает коррозию металлических изделий, машин и механизмов.

#### Задачи

50. Селен и его соединения ( $\text{SeO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ).
51. Фосфор и его соединения ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ).
52. Хлор и его соединения ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}$ , оксиды хлора).
53. Бром и его соединения ( $\text{Br}_2$ ,  $\text{HBr}$ ).
54. Азот и его соединения ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ).
55. Фтор и его соединения ( $\text{HF}$ , фториды).
56. Йод и его соединения ( $\text{I}_2$ ,  $\text{HI}$ ).
57. Углерод и его соединения ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ).
58. Фреоны.
59. Поверхностно-активные вещества (ПАВ).

#### Задача 6. Воздействие загрязняющих веществ (ионов металлов) на человека и животных (распределение в организме и токсичность)

Геохимия окружающей среды связана с распределением химических элементов в атмосфере, гидросфере и литосфере Земли. Особый интерес представляет мониторинг металлов, содержание которых во всех средах увеличивается в результате добычи минералов и полезных ископаемых из литосферы, а также благодаря технологическим процессам. Подобное изменение подвергает локальную биосферу риску дестабилизации, а также опасно для здоровья людей, поэтому эти металлы классифицируют как потенциально опасные.

Обнаруживается двойственная роль ионов металлов, которую они играют в физиологии: некоторые из них необходимы для нормального течения жизни, в то время как большинство из них токсичны при повышенных концентрациях и, следовательно, вредно влияют на активность живых организмов.

Металлы легко реагируют с биологическими молекулами, особенно с белковыми макромолекулами. Это обусловлено тем, что ионы металлов высоко реакционноспособны, а в белковых макромолекулах имеются многочисленные функциональные группы.

Металлы обнаруживают широкое токсичное действие. Некоторые из них оказывают явно выраженное действие на многочисленные органы-мишени примерно в одинаковых дозах; в других случаях наиболее чувствительный орган бывает трудно идентифицировать.

**Пример 10.** Проанализировать абсорбцию, распределение и токсичность иона металла (на примере урана) в организме человека и животных.

Токсичность урановых соединений была отмечена давно, поскольку большое количество урановых руд перерабатывается для выделения из них элемента радия. Оценим химическое влияние урановых соединений на высшие организмы, не затрагивая радиационную опасность нестабильных урановых изотопов.

Уран — элемент с атомным номером 92 — один из представителей группы актинидов — имеет самую высокую атомную массу из всех встречающихся в природе элементов, может находиться в нескольких валентных состояниях (III, IV, V и VI), но только U(IV) и U(VI) стабильны в водных растворах. Наиболее важными соединениями из этих двух серий являются оксиды и галогениды; их токсичность зависит от их физико-химических свойств, скорости попадания в организм, от присутствия высокотоксичных галогенпроизводных групп типа  $\text{UF}_6$  и других условий.

**Абсорбция, распределение и экскреция урана в организме.** Абсорбция урана сильно отличается для его различных соединений в зависимости от их физико-химических свойств, а также пути их введения в организм. Величина легочной абсорбции урана (50%) получена при испытаниях на кроликах. Органы дыхания и желудочно-кишечный тракт могут стать важнейшими путями проникновения этого металла в организм. Однако абсорбция урана в кишечнике мало изучена. Некоторые соединения урана могут абсорбироваться кожей, уран найден также в кровотоке крыс после дермального контакта с уранил-нитратом.

Распределение урана в организме зависит от природы введенного вещества. После инъекции уран довольно быстро удаляется из кровотока, оседая в почках и костях. Соли уранила в отличие от соединений U(IV) не аккумулируются ни в почках в заметном количестве, ни в костях или фекалиях. Главный путь выведения урана U(VI) из организма — экскреция с мочей.

**Токсичность урана.** Почки — это главная мишень урана. Легкость образования бикарбонатных комплексов  $\text{UO}_2^{2+}$  совместно с наблюдением, что алкоголь понижает токсичный эффект, приводит к предположению, что бикарбонатный комплекс легко фильтруется через почечные клубочки, а затем разлагается при подкислении мочой в канальцах; свободный  $\text{UO}_2^{2+}$  может свободно реагировать с клетками последних. Установлено, что крысы и собаки сравнительно устойчивее к урану, чем кролики. В целом урановые соли могут вызвать острую почечную недостаточность.

Как и случае других тяжелых металлов, хроническое действие низкими дозами урана защищает животных против последующей обычно уже смертельной дозы этого металла. Механизм подобной толерантности к урану не объяснен.

#### Задачи

60. Свинец Pb.
61. Мышьяк As.
62. Ванадий V.
63. Ртуть Hg.
64. Хром Cr.
65. Кобальт Co.
66. Кадмий Cd.
67. Цинк Zn.
68. Медь Cu.
69. Молибден Mo.

#### ВОПРОСЫ ПО КУРСУ

##### «СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»

1. Что такое мониторинг окружающей среды, какие компоненты являются предметом его наблюдения?
2. Почему возникла необходимость в мониторинге природной среды?
3. В чем особенность воздействия антропогенных факторов на природную среду?
4. Как связаны между собой блоки «Наблюдения» и «Прогноз состояния» в системе мониторинга природной среды?

5. Из каких структур состоит информационная система мониторинга?

6. Что собой представляет биосфера? Каковы особенности аэриобиосферы и гидробиосферы?

7. Какое влияние оказывают космические факторы на растительный мир и физиологические функции животных? Охарактеризуйте влияние солнечно-космических факторов на человека?

8. В чем состоит энергообмен атмосферы и океанов?

9. Что подразумевается под экологической опасностью?

10. Каковы причины возникновения техногенного кризиса? Что порождает экологический кризис?

11. Что понимается под качеством окружающей среды? Какие существуют стандарты качества окружающей среды?

12. В чем состоит эффект суммации действия?

13. Охарактеризуйте мониторинг как многоцелевую информационную систему?

14. Какие существуют виды мониторинга? По каким признакам они выделяются?

15. Определите основные элементы блок-схемы системы мониторинга.

16. Какие выделяют уровни систем мониторинга? Каков принцип их выделения?

17. Что входит в геофизический мониторинг?

18. Каковы основные задачи биологического мониторинга?

19. Что включает в себя мониторинг в различных средах?

20. Дайте классификацию мониторинга по факторам и источникам воздействия?

21. Что представляет собой система глобального мониторинга?

22. Каково назначение национальной системы мониторинга окружающей среды?

23. Что такое геологическая среда, каковы ее основные элементы?

24. Каковы основные типы техногенного воздействия на геологическую среду?

25. В чем заключается понятие мониторинга геологической среды? Каковы основные элементы мониторинга геологической среды?

26. Какие геологические процессы являются опасными для городских территорий?
27. Какие геологические процессы являются опасными для линейных транспортных систем и трубопроводов ?
28. В чем заключается антропогенное воздействие на геологическую среду в пределах городов?
29. Цели и задачи экологического мониторинга. Основные ступени экологического мониторинга.
30. Математическое моделирование как один из методов экологического мониторинга.
31. Биосферные заповедники и программа фоновой экологического мониторинга на их базе.
32. Лесной экологический мониторинг.
33. Экологический мониторинг океана.
34. Использование спутниковых систем в экологическом мониторинге.
35. Климатический мониторинг.
36. Мониторинг озона.
37. Мониторинг последствий климатических изменений и колебаний.
38. Как строятся математико-картографические модели?
39. Что такое геоинформационная система (ГИС)?
40. Охарактеризуйте основные источники химического загрязнения среды.
41. Охарактеризуйте промышленные источники химического загрязнения биосферы
42. Какова роль транспорта в химическом загрязнении биосферы.
43. Какие загрязнения окружающей среды вносит сельское хозяйство?
44. Какова роль коммунального хозяйства в химическом загрязнении биосферы?
45. В чем состоит глобальное загрязнение биосферы?
46. В чем опасность загрязнения биосферы соединениями серы?
47. В чем опасность загрязнения биосферы соединениями фосфора?

48. В чем опасность загрязнения биосферы соединениями азота?
49. Какова роль озона в атмосфере?
50. Какую опасность для окружающей среды представляют фреоны?
51. Что является источниками поступления оксидов углерода и углеводородов в атмосферу, и какую они представляют опасность для биосферы?
52. Каково значение селена в биосферных циклах?
53. Чем опасно загрязнение биосферы тяжелыми металлами?
54. Какую опасность для окружающей среды представляют собой ароматические углеводороды?
55. В чем опасность загрязнения окружающей среды нефтью и нефтепродуктами?
56. В чем опасность загрязнения окружающей среды детергенами?
57. Как поступают в биосферу и какую опасность представляют пестициды?
58. В чем состоит устойчивость почв к химическому загрязнению?
59. Что представляет собой геохимическая миграция?
60. В чем особенности миграции химических элементов в почвенном профиле?
61. В чем состоит влияние газопылевых выбросов на растительность?
62. Как накапливаются тяжелые металлы в почвенной биоте?
63. Каковы общие экологические последствия промышленного загрязнения биогеоценозов?
64. В чем состоит специфическое воздействие химических загрязняющих веществ на человека?
65. В чем особенности неспецифического воздействия загрязняющих веществ на человека?
66. Что понимают под токсичностью химических элементов?
67. Что такое фитотоксичность, и в чем сложности ее оценки?
68. Какие показатели контролирует почвенно-химический мониторинг?

69. Перечислить газообразные вещества, оказывающие наиболее негативное влияние на загрязнение атмосферы.

70. Что такое «парниковый» эффект и какие газы способствуют его развитию?

71. Что такое «кислотные» дожди, и с какими газами связано их образование?

72. Какова роль загрязнения воды в истощении водных ресурсов?

73. Каковы ПДК оксидов азота и какое физиологическое действие оказывают они на организм человека?

74. Перечислить области применения фосфо-органических соединений и их влияние на организм человека. Охарактеризовать токсикологию фосфо-органических веществ, ПДК и средства защиты от них.

75. Почему фенольные воды относят к наиболее вредному виду промышленных сточных вод?

76. Опишите основные свойства циана и методы обнаружения CN-ионов.

77. Перечислите основные свойства хлористого водорода, области его применения и ПДК. Методы, применяемые для определения Cl-, токсикология хлористого водорода и соляной кислоты.

78. Каково влияние метана на изменение состава атмосферы и разрушение озонового слоя?

79. Опишите токсикологию оксидов серы, ПДК, методы контроля содержания их в атмосфере.

80. Перечислите основные свойства сероводорода. Какова принципиальная схема выделения сероводорода из смеси газов при контроле?

81. Что является источником сероводорода, как уменьшить его выделения?

82. Каково токсикологическое воздействие сероводорода на организм человека, ПДК и контроль за содержанием в атмосфере?

83. Перечислите основные свойства фтористого водорода, области применения, токсикологию и методы контроля.

84. Как происходит загрязнение поверхностных вод и каковы методы их очистки?

85. В чем проявляется вредное влияние атмосферного воздуха, питьевой воды и сельскохозяйственной продукции на здоровье человека при превышении ПДК токсичных веществ, содержащихся в них?

86. Назовите три типа радиоактивного излучения, какой из трех типов радиоактивного излучения обладает наибольшей проникающей способностью?

87. Каковы длины волн гамма-излучения, почему гамма-излучение обладает высокой проникающей способностью?

88. Что служит количественной характеристикой ионизирующего излучения?

89. Что такое мощность экспозиционной дозы? В каких единицах измеряется эквивалентная доза?

90. Назовите основные источники радиоактивного излучения.

91. От чего зависит доза облучения?

92. Как влияют магнитное поле и озоновый слой на космические лучи?

93. Какова мощность годовой эквивалентной дозы естественного радиоактивного фона?

94. Какова допустимая и летальная дозы облучения населения?

95. Что является источником внутреннего облучения?

96. Назовите основные группы приборов для регистрации радиоактивного излучения.

97. Дайте краткую характеристику бытовых дозиметров, что с их помощью определяется?

98. Как влияет естественный радиоактивный фон на живые организмы, и изменяется ли он со временем?

99. Назовите основные источники естественного и искусственного радиоактивного фона Земли.

100. Дайте краткую характеристику действия ионизирующего излучения на организм человека.

101. Назовите основные правила техники безопасности при работе с радиоактивными веществами.

102. Охарактеризуйте сущность метода, положенного в основу действия приборов, измеряющих радиоактивные частицы и ионизирующие излучения.

103. Перечислите естественные и искусственные источники электромагнитных полей.

104. Что представляют собой электромагнитные волны: какими они обладают характеристиками?

105. Как ориентированы в пространстве электрическое, магнитное поля и волновой вектор в электромагнитной волне?

106. Какие физические явления лежат в основе уравнений Максвелла?

107. Что представляет собой вектор Умова-Пойнтинга а как он направлен?

108. Как, зная величину вектора Умова-Пойнтинга, вычислить напряженность электрического поля в волне ?

109. Условие отражения электромагнитных волн.

110. Что является экраном для электростатических полей?

111. Условия экранирования электромагнитных полей.

112. Можно ли создать экран от постоянного магнитного поля?

113. Нарисовать силовые линии магнитного поля Земли, какова средняя величина напряженности магнитного поля Земли? Во всех ли точках земной поверхности величина магнитного поля Земли одинакова?

114. Зачем нужны наблюдения за поверхностью Солнца? Что такое «магнитная буря», причины ее возникновения и влияние на живые организмы ?

115. Перечислите методы измерения электромагнитных полей.

116. Что такое звук, перечислите важнейшие физические характеристики звука? Как связаны длина волны, скорость распространения волны и частота (период) колебаний?

117. Какие колебания называются гармоническими?

118. Как распространяется звуковая волна в воздухе?

119. На какие диапазоны подразделяются звуковые колебания в зависимости от частоты?

120. Что такое звуковые ощущения и как определяется уровень звукового давления в дБ?

121. Что такое интенсивность звука и как она изменяется с удалением от точечного источника?

122. Что такое звуковое сопротивление среды?

123. Что такое акустический спектр? Какие типы спектров вы знаете?

124. В чем заключается эффект Доплера?

125. Как воспринимает звук человек? Что такое порог слышимости и порог болевых ощущений и как они зависят от частоты звука?

126. Как воздействуют избыточные звуковые колебания различных диапазонов на организм человека?

127. Как оценивается и чем измеряется шумовое загрязнение среды?

128. Что является источником шума на железной дороге?

129. Что такое вибрация? Как оценивается уровень вибрации? Как вибрация воздействует на организм человека?

130. Отчего возникает вибрация на железнодорожном транспорте?

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### *Основная*

1. Израэль Ю. А. Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений. — М.: Наука, 2001.

2. Орлов Д. С., Садовникова Л. К., Лозановская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Уч. пос. — М.: Высшая школа, 2002.

3. Куклев Ю. И. Физическая экология. — М.: Высшая школа, 2001.

4. Виноградова Н. Ф. и др. Природопользование. — М.: Просвещение, 1995.

5. Протасов В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России. — М.: Финансы и статистика, 2000.

6. Гирусов Э В. и др. Экология и экономика природопользования. — М.: Закон и право, 1998.



7. Смирнов С. Н. Радиационная экология. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000.

8. Усманов С. М. Радиация. Справочные материалы. – М.: Владос, 2001.

9. Физика: Энциклопедия /Под ред. Ю.В. Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003.

10. Естествознание: Энциклопедический словарь, сост. В.Д. Шолле – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003.

11. Сподобаев Ю. М., Кубанов В. П. Основы электромагнитной экологии. – М.: Радио и связь, 2000.

12. Майстренко В. Н., Хамитов Р. З., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. – М.: Химия, 1996.

13. Панин В. Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера. – М.: Ноосфера, 2000.

14. Богословский В. А., Жигалин А.Д., Хмелевский В. К. Экологическая геофизик. – М.: Изд-во МГУ, 2000.

15. Бингам Ф.Т., Коста М., Эйхенбергер Э. и др. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов: Пер. с англ. /Под ред. Х. Зигель, А. Зигель. – М.: Мир, 1993.

16. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды (Ведение в экологическую химию). – М.: Мир, 1997.

17. Биология: Энциклопедия /Под. ред. М.С. Гилярова – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003.

18. Химическая энциклопедия: В 5-ти томах. /Ред. кол. Кау-конц И.Л. и др. – М.: Советская энциклопедия, 1988.

19. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н.С. Конарев. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003.

20. Экологический энциклопедический словарь. – М.: Издательский дом Ноосфера 1999.

21. Вронский В.А. Экология. Словарь-справочник. Изд. 2-е. – Ростов н/Д.: Феникс, 2002.

22. Современные методы окружающей среды. Рабочая программа, задание на контрольную работу с методическими указаниями для студентов II курса. – М.: РГОТУПС, 2002.

#### *Дополнительная*

23. Голубев Г. Н. Геоэкология. – М.: ГЕОС, 1999.

24. Дьяконов К. Н., Касимов Н. С., Тикуннов В. С. Современные методы географических исследований. – М.; Просвещение, 1997.

25. Эйхлер В. Яды в нашей пище. – М.: МИР, 1993.

26. Хефлинг Г. Тревога в 2000 году (Бомба замедленного действия на нашей планете). – М.: Мысль, 1990.

27. Ильницкий А. П., Королев А. А., Худoley В. В. Канцерогенные вещества в водной среде. – М.: Наука, 1993.

28. Кортэ Ф. Экологическая химия. Основы и концепции. – М.: Мир, 1997.

29. Пресман А. С. Организация биосферы и ее космические связи. – М.: Гео-Синтез, 1997.

30. Кузнецов Л. Н. Биофизика электромагнитного воздействия – М.: Энергоатомиздат, 1994.

31. Мелуа А. И. Космические природоохранные исследования. – М.: Наука, 1988.

32. Захаров В. М., Костко О. К., Мелевцев С. С. Лидары и исследования климата. – Л.: Гидрометеоздат, 1990.

33. Летохов В. С Проблемы лазерной спектроскопии. – УФН, т.118, 1979.

34. Нельзон П. М. Шум на транспорте. – М.: Транспорт, 1995.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА

ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Рабочая программа  
и задание на контрольную работу  
с методическими указаниями

Редактор *Д.Н. Тихоньчев*  
Компьютерная верстка *Ю.А. Варламова*

П е р е и з д а н и е

---

|                             |                  |   |
|-----------------------------|------------------|---|
| Тип. зак.                   | Изд. зак. 189    | Тираж 10 000 экз.                         |
| Подписано в печать 11.02.05 | Гарнитура Times. | Офсет                                     |
| Усл. печ. л. 3,25           |                  | Формат 60×90 <sup>1</sup> / <sub>16</sub> |

---

Издательский центр РГОТУПСа,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати РГОТУПСа, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2