

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт геологии и нефтегазовых технологий



подписано электронно-цифровой подписью

### Программа дисциплины

#### Инструментальные методы анализа Б2.ДВ.1

Направление подготовки: 020700.62 - Геология

Профиль подготовки: Гидрогеология, инженерная геология и геоэкология

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Галеев А.А.

**Рецензент(ы):**

Шевелев А.И.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Галеев А. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 358414

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, к.н. (доцент) Галеев А.А. Кафедра общей геологии и гидрогеологии Институт геологии и нефтегазовых технологий, Akhmet.Galeev@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина Б2.ДВ1 Инструментальные методы анализа направлена на получение студентами знаний теоретических основ современных физико-химических и физических методов анализа природных вод и вмещающих горных пород, технических средств, используемых в современной аналитической практике, методических процедур проведения анализов и интерпретации результатов, а также на получение студентами практических навыков подготовки проб, проведения измерений и обработки результатов измерений.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б2.ДВ.1 Общепрофессиональный" основной образовательной программы 020700.62 Геология и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2, 3 курсах, 4, 5 семестры.

Дисциплина Б2.ДВ1 Инструментальные методы анализа входит в вариативную часть общепрофессионального цикла ООП бакалавриата по направлению подготовки 020700 "Геология" и изучается в 4-ом (2 курс) семестре. Для успешного освоения дисциплины необходима базовая подготовка по математическому и естественно-научному циклу: "Общая геология", "Физика", "Химия", "Математика". Освоение данной дисциплины необходимо для изучения базовых дисциплин профессионального цикла "Геохимия" и "Геология и геохимия нефти и газа", "Гидрогеохимия", "Грунтоведение", а также вариативных профильных дисциплин "Минеральные воды", "Гидрогеоэкология", "Организация и планирование инженерно-геологических и гидрогеологических исследований", освоения магистерских программ геохимического, гидрогеологического и инженерно-геологического профиля, а также для успешной профессиональной деятельности.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции  |
|---|--|
| ПК-10<br>(профессиональные компетенции) | способен применять на практике методы сбора, обработки, анализа и обобщения фондовой, полевой и лабораторной геологической, геофизической, геохимической, гидрогеологической, инженерно-геологической, нефтегазовой и эколого-геологической информации   |
| ПК-15<br>(профессиональные компетенции) | способен использовать профильно-специализированные знания в области геологии, геофизики, геохимии, гидрогеологии и инженерной геологии, геологии и геохимии горючих полезных ископаемых, экологической геологии для решения научных и практических задач |
| ПК-9<br>(профессиональные компетенции)  | готов применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических исследований при решении научно-производственных задач    |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- теоретические основы и принципы современных инструментальных методов анализа вещества;
- причинно-следственные взаимоотношения между химическим составом и физическими свойствами природных вод и горных пород;
- методы качественного и количественного анализа;
- методологию планирования полевых и лабораторных этапов исследования геологических объектов;
- методики статистической обработки результатов количественных определений, проведения контроля качества выполненных исследований, анализа ошибок и их минимизации.

2. должен уметь:

- выбирать наиболее рациональный комплекс инструментальных методов анализа в зависимости от целей и задач изучения конкретных геологических объектов;
- выполнять основные операции, предшествующие или сопутствующие проведению анализа с соблюдением техники безопасности;
- оформлять аналитические результаты в соответствии с общими требованиями;

3. должен владеть:

- отбора, хранения и документирования проб;
- эксплуатации приборов для анализа;
- проведения качественного и количественного анализа геологических проб;
- применения статистических методов обработки результатов измерений.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- способен применять статистические методы обработки результатов измерений;
- способен применять на практике методы сбора, отбора, хранения и документирования проб;
- готов самостоятельно проводить качественный и количественный анализ;
- готов к работе на лабораторных приборах и оборудовании; готовность оформлять аналитические результаты в соответствии с общими требованиями.

#### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 4 семестре; зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля                                  |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|--|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |  |
| 1. | Тема 1. Введение.<br>Классификация<br>инструментальных<br>методов.<br>Математическая<br>обработка.<br>Метрология.<br>Планирование и<br>процедуры<br>пробоотбора. | 4       | 1-6                | 6   | 0                       | 14                     | устный опрос<br>контрольная<br>точка                       |
| 2. | Тема 2. Атомные<br>спектры. Элементный<br>анализ в<br>рентгеновском и<br>оптическом диапазоне<br>спектра. Локальные<br>методы                                    | 4       | 7-13               | 8   | 0                       | 14                     | контрольная<br>точка<br>письменная<br>работа               |
| 3. | Тема 3. Молекулярные<br>спектры.<br>Абсорбционные,<br>люминесцентные и<br>турбидиметрические<br>методы анализа. ЭПР<br>и ЯМР.                                    | 5       | 1-6                | 6   | 0                       | 6                      | письменная<br>работа<br>контрольная<br>точка<br>коллоквиум |
| 4. | Тема 4.<br>Масс-спектрометрические<br>и изотопные методы<br>анализа.   | 5       | 7-18               | 12  | 0                       | 12                     | письменная<br>работа<br>контрольная<br>точка<br>коллоквиум |
|    | Тема . Итоговая<br>форма контроля  | 5       |                    | 0   | 0                       | 0                      | зачет  |
|    | Итого  |         |                    | 32  | 0                       | 46                     |  |

#### 4.2 Содержание дисциплины

## **Тема 1. Введение. Классификация инструментальных методов. Математическая обработка. Метрология. Планирование и процедуры пробоотбора.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

1. "Прямая" и "обратная" задачи, решаемые физико-химическими (инструментальными) методами анализа состава. Метод градуировочного графика. 2. Приемы количественного анализа: метод внешнего стандарта, метод внутреннего стандарта, метод добавок. 3. Шкала электромагнитных волн и краткая характеристика основных спектральных методов в различных диапазонах. 4. Основные правила отбора и консервирования проб для анализа в гидрогеохимии. Виды пробоотбора. 5. Основные правила отбора и консервирования проб для анализа в гидрогеохимии. Виды проб. Приемы изоляции проб.

### **лабораторная работа (14 часа(ов)):**

Знакомство с аппаратурой и техникой безопасности при работе на приборе КФК-2. Правила математической обработки результатов анализа и метрологические характеристики.

## **Тема 2. Атомные спектры. Элементный анализ в рентгеновском и оптическом диапазоне спектра. Локальные методы**

### **лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Введение в атомную спектроскопию. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева и атомные спектры. Методы анализа веществ с применением рентгеновского излучения. Методы атомной оптической спектроскопии - эмиссионный, абсорбционный и флуоресцентный анализ.

### **лабораторная работа (14 часа(ов)):**

Построение кривых светопоглощения окрашенных растворов и выбор светофильтров. Проверка подчинения окрашенных растворов законам Бугера-Ламберта-Бера. Определение высоких концентраций методом дифференциальной фотометрии. Фотометрические определения веществ при совместном присутствии.

## **Тема 3. Молекулярные спектры. Абсорбционные, люминесцентные и турбидиметрические методы анализа. ЭПР и ЯМР.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия). Люминесцентный анализ. Мутные среды. Нефелометрический и турбидиметрический анализ. Радиоспектроскопические методы анализа: ЭПР, ЯМР.

### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Знакомство с аппаратурой, техникой безопасности при люминесцентных измерениях и получение спектра люминесценции на приборе КСВУ-2. Знакомство с аппаратурой и техникой безопасности при работе на приборе для атомно-эмиссионного анализа. Расшифровка дуговых спектров порошковых проб, зарегистрированных на фотопластинки, с использованием таблиц.

## **Тема 4. Масс-спектрометрические и изотопные методы анализа.**

### **лекционное занятие (12 часа(ов)):**

Основные характеристики радиоактивного распада. Использование естественной радиоактивности в анализе. Активационный анализ. Его основные преимущества и недостатки. Метод изотопного разбавления - его основные принципы. Задачи масс-спектрометрических методов анализа неорганических и органических веществ. Основные узлы масс-спектрометров для элементного анализа. Вид зависимости траектории движения частицы от ее заряда и массы в масс-анализаторе. Использование изотопного анализа в геохимии и геохронологии. Электрохимические методы анализа. Хроматографические методы анализа.

### **лабораторная работа (12 часа(ов)):**

1. Получение вольтамперограммы хлорида кадмия методом циклической вольтамперометрии. Оценка воспроизводимости аналитического сигнала. 2. Построение градуировочной зависимости для определения хлорида кадмия на фоне дистиллированной воды. 3. Построение градуировочной зависимости для определения содержания тяжелых металлов методом постоянно-токовой вольтамперометрии. 4. Ознакомление с принципами работы ионоселективных электродов. Определение характеристических параметров ИСЭ: предела обнаружения, нернстовской функции. 5. Определение нитрат-ионов в образцах природных вод с применением ИСЭ. 6. Определение меди (II) в модельных растворах подземных вод с применением ИСЭ.

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

| N     | Раздел Дисциплины   | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|-------|---|---------|-----------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 1.    | Тема 1. Введение. Классификация инструментальных методов. Математическая обработка. Метрология. Планирование и процедуры пробоотбора. | 4       | 1-6             | подготовка к контрольной точке        | 14                     | контрольная точка                     |
|       |   |         |                 | подготовка к устному опросу           | 10                     | устный опрос                          |
| 2.    | Тема 2. Атомные спектры. Элементный анализ в рентгеновском и оптическом диапазоне спектра. Локальные методы                           | 4       | 7-13            | подготовка к контрольной точке        | 15                     | контрольная точка                     |
|       |   |         |                 | подготовка к письменной работе        | 15                     | письменная работа                     |
| 3.    | Тема 3. Молекулярные спектры. Абсорбционные, люминесцентные и турбидиметрические методы анализа. ЭПР и ЯМР.                           | 5       | 1-6             | подготовка к контрольной точке        | 14                     | контрольная точка                     |
|       |   |         |                 | подготовка к письменной работе        | 10                     | письменная работа                     |
| 4.    | Тема 4. Масс-спектрометрические и изотопные методы анализа.   | 5       | 7-18            | подготовка к коллоквиуму              | 10                     | коллоквиум                            |
|       |   |         |                 | подготовка к контрольной точке        | 10                     | контрольная точка                     |
|       |   |         |                 | подготовка к письменной работе        | 4                      | письменная работа                     |
| Итого |   |         |                 |                                       | 102                    |                                       |

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции, мультимедийные презентации, семинары, электронные образовательные ресурсы, лабораторные занятия, практические работы, сервисы и ресурсы Интернета, технологии пректного обучения, информационно-коммуникационные технологии, интерактивные технологии.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Введение. Классификация инструментальных методов. Математическая обработка. Метрология. Планирование и процедуры пробоотбора.**

контрольная точка , примерные вопросы:

"Прямая" и "обратная" задачи, решаемые физико-химическими (инструментальными) методами анализа состава. Метод градуировочного графика. 2. Приемы количественного анализа: метод внешнего стандарта, метод внутреннего стандарта, метод добавок. 3. Шкала электромагнитных волн и краткая характеристика основных спектральных методов в различных диапазонах. 4. Основные правила отбора и консервирования проб для анализа в гидрогеохимии. Виды пробоотбора. 5. Основные правила отбора и консервирования проб для анализа в гидрогеохимии. Виды проб. Приемы изоляции проб.

устный опрос , примерные вопросы:

Знакомство с аппаратурой и техникой безопасности при работе на приборе КФК-2.

### **Тема 2. Атомные спектры. Элементный анализ в рентгеновском и оптическом диапазоне спектра. Локальные методы**

контрольная точка , примерные вопросы:

1. Источники света. Линейчатые, полосатые и непрерывные оптические спектры веществ. 2. Спектральные термы атомов. Характеристические атомные спектры. Спектральный анализ. 3. Способы возбуждения в атомно-эмиссионном спектральном анализе: пламя, дуга, плазма. Закон Максвелла для распределения молекул по скоростям. 4. Атомно-эмиссионный спектральный анализ. Смысловое значение терминов: "резонансные линии", "последние линии", "гомологические линии", "мешающие линии", применяемых в эмиссионном спектральном анализе. 5. Факторы, влияющие на интенсивность аналитических линий. Влияние ионизации, самопоглощения, примесных катионов и анионов на результаты количественного анализа. 6. Зависимость интенсивности линий атомных спектров испускания от температуры и концентрации элементов. Уравнение Ломакина. 7. Основные принципы качественного анализа. Методика расшифровки атомно-эмиссионных спектров. 8. Количественный спектральный анализ, мешающие факторы и способы их устранения. 9. Основные узлы и параметры приборов для атомно-эмиссионного анализа. Оптические спектрометры, квантометры. 10. Диспергирующие и регистрирующие элементы оптических спектральных приборов. 11. Основные принципы оптического атомно-абсорбционного спектрального анализа. Его преимущества и недостатки. 12. Основные узлы приборов для атомно-абсорбционного анализа. Способы атомизации (пламенная и электротермическая атомизация). 13. Основные узлы приборов для атомно-абсорбционного анализа. Источники света.

письменная работа , примерные вопросы:

Построение кривых светопоглощения окрашенных растворов и выбор светофильтров.

Проверка подчинения окрашенных растворов законам Бугера-Ламберта-Бера. Определение высоких концентраций методом дифференциальной фотометрии. Фотометрические определения веществ при совместном присутствии.

### **Тема 3. Молекулярные спектры. Абсорбционные, люминесцентные и турбидиметрические методы анализа. ЭПР и ЯМР.**

контрольная точка , примерные вопросы:



Особенности молекулярных спектров. Спектры колебательные, вращательные, электронные. Типы колебаний в многоатомных молекулах и основные закономерности их спектров: валентные, деформационные и системные поглощения, их частоты, интенсивности. Характеристические полосы поглощения. Цвет раствора и спектры поглощения. Оптические свойства окрашенных растворов. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Ограничения закона Бэра. Молярный коэффициент светопоглощения и его физический смысл. Чувствительность методов. Визуальные методы в оптических методах. Колориметрия. Глаз - как регистрирующая система. Приборы для регистрации света. Устройство фотоэлементов. Количественный анализ смеси двух окрашенных веществ по их молекулярным спектрам поглощения. Люминесценция, флуоресценция и фосфоресценция. Основные закономерности молекулярной люминесценции: правило Стокса, квантовый и энергетический выход, закон Вавилова, закон затухания. Классификация люминесцентных спектров по способам возбуждения люминесценции. Спектр возбуждения в фотолюминесценции. Качественный и количественный люминесцентный спектральный анализ. Рассеяние и поглощение света растворами, содержащими взвешенные частицы. Зависимость рассеянного света от длины волны и направления. Нефелометрия и турбидиметрия. Теоретические основы метода. Мутные среды. Эффект Тиндаля. Опалесценция. Ультрамикроскопия. Мутность. Турбидиметрическое определение мутности. Молярный коэффициент мутности. Нефелометрия. Основные узлы нефелометров. Мешающие факторы при нефелометрических исследованиях. Мешающие факторы при турбидиметрических исследованиях.

письменная работа , примерные вопросы:

Знакомство с аппаратурой, техникой безопасности при люминесцентных измерениях и получение спектра люминесценции на приборе КСВУ-2. Знакомство с аппаратурой и техникой безопасности при работе на приборе для атомно-эмиссионного анализа. Расшифровка дуговых спектров порошковых проб, зарегистрированных на фотопластинки, с использованием таблиц.

#### **Тема 4. Масс-спектрометрические и изотопные методы анализа.**

коллоквиум , примерные вопросы:

1. Волновые функции атома водорода и квантовые числа. 2. Принцип Паули. Электронные конфигурации и периодическая система элементов. 3. Термы и состояния атомов. Вывод термов из электронных конфигураций. Правило Хунда и термы основного состояния атомов и ионов группы железа. 4. Кристаллическое поле. Действие симметрии кристаллического поля на атомные орбитали и термы атомов. 5. Расщепление термов кристаллическим полем правильного октаэдра и тетраэдра. 6. Диаграммы Тананабе и Сугано. 7. Общая теория химической связи; метод молекулярных орбиталей. 8. Энергетические схемы Уолша для молекулярных комплексов. 9. Ион-радикалы. Парамагнитные и диамагнитные электронные и дырочные центры в минералах. 10. Зонная теория и методы зонной теории. Два приближения теории: слабой связи и сильной связи. 11. Спектроскопия и химическая связь. Параметры спектроскопии твердого тела: оптической и радиоспектроскопии (ЭПР). 12. Типы оптических спектров и правила отбора. 13. Описание спектров поглощения ионов группы железа. 14. Природа окраски минералов. 15. Спектр электронного парамагнитного резонанса ионов  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  в карбонатах, кристаллах корунда. 16. Спектры ЭПР природных кристаллах кварца. 17. Спектры ЭПР в гипсах и продуктах его термического отжига. Технология производства строительных гипсовых материалов. 18. Спектры оптического поглощения и электронного парамагнитного резонанса и типоморфные признаки минералов и горных пород.

контрольная точка , примерные вопросы:

Основные характеристики радиоактивного распада. Использование естественной радиоактивности в анализе. Активационный анализ. Его основные преимущества и недостатки. Метод изотопного разбавления - его основные принципы. Задачи масс-спектрометрических методов анализа неорганических и органических веществ. Основные узлы масс-спектрометров для элементного анализа. Вид зависимости траектории движения частицы от ее заряда и массы в масс-анализаторе. Использование изотопного анализа в геохимии и геохронологии.

письменная работа , примерные вопросы:

1. Получение вольтамперограммы хлорида кадмия методом циклической вольтамперометрии. Оценка воспроизводимости аналитического сигнала. 2. Построение градуировочной зависимости для определения хлорида кадмия на фоне дистиллированной воды. 3. Построение градуировочной зависимости для определения содержания тяжелых металлов методом постоянно-токовой вольтамперометрии. 4. Ознакомление с принципами работы ионоселективных электродов. Определение характеристических параметров ИСЭ: предела обнаружения, нернстовской функции. 5. Определение нитрат-ионов в образцах природных вод с применением ИСЭ. 6. Определение меди (II) в модельных растворах подземных вод с применением ИСЭ.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Лабораторные работы

Оптические методы анализа

1. Знакомство с аппаратурой и техникой безопасности при работе на приборе КФК-2.
2. Построение кривых светопоглощения окрашенных растворов и выбор светофильтров.
3. Проверка подчинения окрашенных растворов законам Бугера-Ламберта-Бера.
4. Определение высоких концентраций методом дифференциальной фотометрии.
5. Фотометрические определения веществ при совместном присутствии.
6. Знакомство с аппаратурой, техникой безопасности при люминесцентных измерениях и получение спектра люминесценции на приборе КСВУ-2.
7. Знакомство с аппаратурой и техникой безопасности при работе на приборе для атомно-эмиссионного анализа.
8. Расшифровка дуговых спектров порошковых проб, зарегистрированных на фотопластинки, с использованием таблиц.

Радиоспектроскопические методы анализа

1. Знакомство с этапами подготовки проб, проведения измерений и расшифровки спектров ЭПР поликристаллического препарата.
2. Измерение водонасыщенности образцов методом импульсного ЯМР.

Электрохимические методы анализа.

1. Получение вольтамперограммы хлорида кадмия методом циклической вольтамперометрии. Оценка воспроизводимости аналитического сигнала.
2. Построение градуировочной зависимости для определения хлорида кадмия на фоне дистиллированной воды.
3. Построение градуировочной зависимости для определения содержания тяжелых металлов методом постоянно-токовой вольтамперометрии.
4. Ознакомление с принципами работы ионоселективных электродов. Определение характеристических параметров ИСЭ: предела обнаружения, нернстовской функции.
5. Определение нитрат-ионов в образцах природных вод с применением ИСЭ.
6. Определение меди (II) в модельных растворах подземных вод с применением ИСЭ.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (СРС) включает следующие виды работ:

- изучение теоретического лекционного материала;
- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература);
- камеральная обработка результатов лабораторных исследований
- подготовка к тестам, коллоквиумам и семинарам.

В течение всего курса студентам предоставляется возможность сдачи коллоквиумов по пройденным темам. Итоговый зачет выставляется с учетом результатов коллоквиумов.

Контрольные вопросы

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ** (присутствуют обязательно на всех этапах проверки знаний)

1. "Прямая" и "обратная" задачи, решаемые физико-химическими (инструментальными) методами анализа состава. Метод градуировочного графика.
2. Приемы количественного анализа: метод внешнего стандарта, метод внутреннего стандарта, метод добавок.
3. Шкала электромагнитных волн и краткая характеристика основных спектральных методов в различных диапазонах.
4. Основные правила отбора и консервирования проб для анализа в гидрогеохимии. Виды пробоотбора.
5. Основные правила отбора и консервирования проб для анализа в гидрогеохимии. Виды проб. Приемы изоляции проб.

#### АТОМНО-ЭМИССИОННЫЙ И АТОМНО-АБСОРБЦИОННЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЕ АНАЛИЗЫ

1. Источники света. Линейчатые, полосатые и непрерывные оптические спектры веществ.
2. Спектральные термы атомов. Характеристические атомные спектры. Спектральный анализ.
3. Способы возбуждения в атомно-эмиссионном спектральном анализе: пламя, дуга, плазма. Закон Максвелла для распределения молекул по скоростям.
4. Атомно-эмиссионный спектральный анализ. Смысловое значение терминов: "резонансные линии", "последние линии", "гомологические линии", "мешающие линии", применяемых в эмиссионном спектральном анализе.
5. Факторы, влияющие на интенсивность аналитических линий. Влияние ионизации, самопоглощения, примесных катионов и анионов на результаты количественного анализа.
6. Зависимость интенсивности линий атомных спектров испускания от температуры и концентрации элементов. Уравнение Ломакина.
7. Основные принципы качественного анализа. Методика расшифровки атомно-эмиссионных спектров.
8. Количественный спектральный анализ, мешающие факторы и способы их устранения.
9. Основные узлы и параметры приборов для атомно-эмиссионного анализа. Оптические спектрометры, квантометры.
10. Диспергирующие и регистрирующие элементы оптических спектральных приборов.
11. Основные принципы оптического атомно-абсорбционного спектрального анализа. Его преимущества и недостатки.
12. Основные узлы приборов для атомно-абсорбционного анализа. Способы атомизации (пламенная и электротермическая атомизация).
13. Основные узлы приборов для атомно-абсорбционного анализа. Источники света.

#### МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И АНАЛИЗ МУТНЫХ СРЕД

14. Особенности молекулярных спектров. Спектры колебательные, вращательные, электронные.
15. Типы колебаний в многоатомных молекулах и основные закономерности их спектров: валентные, деформационные и системные поглощения, их частоты, интенсивности. Характеристические полосы поглощения.
16. Цвет раствора и спектры поглощения. Оптические свойства окрашенных растворов. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Ограничения закона Бэра.
17. Молярный коэффициент светопоглощения и его физический смысл. Чувствительность методов.
18. Визуальные методы в оптических методах. Колориметрия. Глаз - как регистрирующая система.
19. Приборы для регистрации света. Устройство фотоэлементов.
20. Количественный анализ смеси двух окрашенных веществ по их молекулярным спектрам поглощения.
21. Люминесценция, флуоресценция и фосфоресценция. Основные закономерности молекулярной люминесценции: правило Стокса, квантовый и энергетический выход, закон Вавилова, закон затухания.

22. Классификация люминесцентных спектров по способам возбуждения люминесценции. Спектр возбуждения в фотолюминесценции.
23. Качественный и количественный люминесцентный спектральный анализ.
24. Рассеяние и поглощение света растворами, содержащими взвешенные частицы. Зависимость рассеянного света от длины волны и направления.
25. Нефелометрия и турбидиметрия. Теоретические основы метода.
26. Мутные среды. Эффект Тиндаля. Опалесценция. Ультрамикроскопия.
27. Мутность. Турбидиметрическое определение мутности. Молярный коэффициент мутности.
28. Нефелометрия. Основные узлы нефелометров.
29. Мешающие факторы при нефелометрических исследованиях.
30. Мешающие факторы при турбидиметрических исследованиях.

#### РАДИОАНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЯ

31. Основные характеристики радиоактивного распада. Использование естественной радиоактивности в анализе.
32. Активационный анализ. Его основные преимущества и недостатки.
33. Метод изотопного разбавления - его основные принципы.
34. Задачи масс-спектрометрических методов анализа неорганических и органических веществ.
35. Основные узлы масс-спектрометров для элементного анализа. Вид зависимости траектории движения частицы от ее заряда и массы в масс-анализаторе.
36. Использование изотопного анализа в геохимии и геохронологии.

Дополнительные вопросы к этому разделу.

- Какие существуют способы ионизации атомов и молекул для масс-спектрометрического анализа?
- На чем основано разделение ионов в масс-спектрометре?
- Можно ли разделить ионы с одинаковым отношением  $m/z$ ?
- Каковы особенности масс-спектрометрического метода анализа органических соединений по сравнению с элементным анализом?
- Каковы преимущества хромато-масс-спектрометрии по сравнению с обычной масс-спектрометрией?
- Каковы преимущества индуктивно связанной плазмы, по сравнению с другими методами ионизации?

#### РАДИОСПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.

37. Основные узлы приборов и объекты исследования в методах ЭПР и ЯМР.
38. Метод импульсного ЯМР и его применение в гидрогеологии.

Дополнительные вопросы к этому разделу.

- Ориентация магнитных моментов системы свободных электронов (протонов) при наличии или отсутствии внешнего магнитного поля. Влияние теплового движения.
- Энергетические уровни свободного электрона (протона) в магнитном поле и условия резонансного поглощения энергии переменного электромагнитного поля.
- Применение метода ЯМР при анализе органических соединений. Состояние химической связи и спектр ЯМР водорода.
- Релаксационные характеристики воды в пористых средах. Применение метода ЯМР для обнаружения подземных вод.
- Качественный анализ переходных элементов методом электронного парамагнитного резонанса.
- Объекты исследования методом ЭПР.

Контрольные вопросы к коллоквиуму

1. Волновые функции атома водорода и квантовые числа.
  2. Принцип Паули. Электронные конфигурации и периодическая система элементов.
  3. Термы и состояния атомов. Вывод термов из электронных конфигураций. Правило Хунда и термы основного состояния атомов и ионов группы железа.
  4. Кристаллическое поле. Действие симметрии кристаллического поля на атомные орбитали и термы атомов.
  5. Расщепление термов кристаллическим полем правильного октаэдра и тетраэдра.
  6. Диаграммы Танабе и Сугано
  7. Общая теория химической связи; метод молекулярных орбиталей.
  8. Энергетические схемы Уолша для молекулярных комплексов.
  9. Ион-радикалы. Парамагнитные и диамагнитные электронные и дырочные центры в минералах.
  10. Зонная теория и методы зонной теории. Два приближения теории: слабой связи и сильной связи.
  11. Спектроскопия и химическая связь. Параметры спектроскопии твердого тела: оптической и радиоспектроскопии (ЭПР).
  12. Типы оптических спектров и правила отбора.
  13. Описание спектров поглощения ионов группы железа.
  14. Природа окраски минералов.
  15. Спектр электронного парамагнитного резонанса ионов  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$  в карбонатах, кристаллах корунда.
  16. Спектры ЭПР природных кристаллах кварца.
  17. Спектры ЭПР в гипсах и продуктах его термического отжига. Технология производства строительных гипсовых материалов.
  18. Спектры оптического поглощения и электронного парамагнитного резонанса и типоморфные признаки минералов и горных пород.
- Ответы на зачетные вопросы сопровождаются обсуждением спектров оптического поглощения и ЭПР минералов, полученных студентами на спектрографах и спектрометрах.

#### Билеты к зачету

##### Билет ♦1

1. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Зависимость частоты характеристического рентгеновского излучения от атомного номера элемента.
2. Рассеяние и поглощение света растворами, содержащими взвешенные частицы.

##### Билет ♦2

1. Шкала электромагнитных волн и краткая характеристика основных спектральных методов в различных диапазонах.
2. Приборы для регистрации света. Визуальные методы в оптических методах. Колориметрия. Глаз - как регистрирующая система.

##### Билет ♦3

1. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева и атомные спектры.
2. Нефелометрия. Основные узлы нефелометров. Мешающие факторы при нефелометрических исследованиях.

##### Билет ♦4

1. Количественный рентгенофлуоресцентный анализ элементного состава. Факторы, влияющие на интенсивность характеристического рентгеновского излучения. Приемы пробоподготовки.
2. Взвешенные вещества в природных водах. Определение грубодисперсных примесей. Мутные среды. Опалесценция. Эффект Тиндаля. Ультрамикроскопия.

##### Билет ♦5

1. "Прямая" и "обратная" задачи, решаемые физико-химическими методами анализа состава. Метод градуировочного графика.
2. Особенности молекулярных спектров. Абсорбционная спектроскопия. Оптическая плотность растворов.

Билет ♦6

1. "Электронно-зондовый микроанализ как сочетание электронной микроскопии и рентгеноспектрального анализа.
2. Цвет раствора и спектры поглощения. Оптические свойства окрашенных растворов. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Ограничения закона Бэра.

Билет ♦7

1. Рентгеноспектральные анализаторы с дисперсией по энергиям рентгеновских квантов. Пропорциональные, сцинтилляционные, полупроводниковые детекторы рентгеновского излучения и их разрешающая способность.
2. Приборы для регистрации света. Визуальные методы в оптических методах. Колориметрия. Глаз - как регистрирующая система.

Билет ♦8

1. Рентгенофлуоресцентные анализаторы с волновой дисперсией. Закон Брэгга- Вульфа.
2. Люминесцентный метод анализа. Основные закономерности молекулярной люминесценции: правило Стокса, квантовый и энергетический выход, закон Вавилова.

Билет ♦9

1. Основные узлы рентгеноспектральных приборов. Типы рентгеноспектральных приборов.
2. Классификация люминесцентных спектров по способам возбуждения люминесценции. Спектр возбуждения в фотолюминесценции.

Билет ♦10

1. Способы возбуждения оптических спектров излучения веществ. Источники света. Линейчатые, полосчатые и непрерывные оптические спектры веществ.
2. Закон электролиза Фарадея. Электрохимический эквивалент. Прямой и косвенный методы кулонометрические анализа.

Билет ♦11

1. Характеристические атомные спектры. Смысловое значение терминов: "резонансные линии", "последние линии", "гомологические линии", "мешающие линии", применяемых в эмиссионном спектральном анализе.
2. Основные узлы кондуктометрических приборов. Определение константы прибора при кондуктометрическом анализе. Бесконтактные (безэлектродные) методы кондуктометрии.

Билет ♦12

1. Атомно-эмиссионный спектральный анализ; способы возбуждения: пламя, дуга, плазма. Закон Максвелла для распределения молекул по скоростям.
2. Сущность потенциметрического метода анализа, его достоинства и недостатки. Разновидности потенциметрии.

Билет ♦13

1. Пламенная фотометрия. Процессы, протекающие в пламени. Факторы, влияющие на степень атомизации.
2. Возникновение двойного электрического слоя на поверхности металла в водных растворах. Формула Нернста для вычислений равновесного электродного потенциала окислительно-восстановительных систем. Нормальный электродный потенциал.

Билет ♦14

1. Основные узлы и параметры приборов для атомно-эмиссионного анализа. Оптические спектрометры, квантометры.

2. Потенциметрическое измерение концентрации водородных ионов в растворах. Индикаторные электроды рН-метрии (их устройство, механизм протекающих процессов).

Билет ♦15

1. Оптический атомно-абсорбционный спектральный анализ. Основные узлы приборов для атомно-абсорбционного анализа. Способы атомизации (пламенная и электротермическая атомизация).

2. Устройство ионоселективных электродов. Определение рН растворов с помощью различных электродов. Прямая и косвенная потенциометрия.

Билет ♦16

1. Зависимость интенсивности линий атомных спектров испускания от температуры и концентрации элементов. Уравнение Ломакина-Шейбе.

2. Полярографический метод. Уравнение полярографической волны. Полярографическая ячейка Гейровского. Индикаторный электрод и электроды сравнения.

Билет ♦17

1. Методика расшифровки атомно-эмиссионных спектров. Основные принципы качественного анализа. Количественный атомно-эмиссионный спектральный анализ, мешающие факторы и способы их устранения.

2. Возможности, достоинства и недостатки полярографического анализа. Разновидности полярографии, осциллографическая, переменного тока, дифференциально-импульсная, инверсионная полярография и др.

Билет ♦18

1. Диспергирующие и регистрирующие элементы оптических спектральных приборов, их метрологические характеристики.

2. Качественный и количественный полярографический анализ. Метод калибровочного графика, метод стандартов.

Билет ♦19

1. Оптические спектры многоэлектронных атомов. Схема энергетических уровней на примере атома натрия.

2. Окислительно-восстановительное равновесие в системе ионов в растворе. Окислительно-восстановительный потенциал (нормальный и реальный).

Билет ♦20

1. Основные узлы масс-спектрометрических приборов. Применение масс-спектрометров для органического анализа с высоким разрешением, анализа изотопных соотношений, высокоточного элементного анализа.

2. Виды хроматографического анализа. Качественный и количественный хроматографический анализ.

Билет ♦21

1. Использование естественной радиоактивности в анализе. Основные характеристики радиоактивного распада.

2. Основные правила отбора и консервирования проб для анализа в гидрогеохимии.

Билет ♦22

1. Радиоспектроскопические методы анализа. Определение жидкостей в пористых средах методом ЯМР.

2. Основные приемы количественного анализа: метод внешнего стандарта, метод внутреннего стандарта, метод добавок, их преимущества и недостатки.

Билет ♦23

1. Хромато-масс-спектрометрический метод анализа.

2. Систематические и случайные погрешности анализа. Основные характеристики метода анализа: правильность и воспроизводимость, коэффициент чувствительности, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний.

#### Билет ♦24

1. Активационный анализ. Его основные преимущества и недостатки.
2. Идентификация химических элементов и соединений методами рентгеновского дифракционного анализа. Методы Лауэ и Дебая - Шеррера.

#### Билет ♦25

1. Выражение результатов измерений в виде таблиц, графиков и уравнений. Интерполяция и экстраполяция.
2. Классификация спектральных методов: по способу наблюдения, по происхождению спектра, по спектральному диапазону.

### 7.1. Основная литература:

Аналитическая химия. Химические методы анализа: Учеб. Пос. / А.И. Жебентяев, А.К. Жерносек, И.Е. Талуть. - 2 изд., стер. - М.: ИНФРА-М; Мн.: Нов. Знание, 2011. - 542 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (п) ISBN 978-5-16-004685-3, 800 экз.<http://znanium.com/bookread.php?Book=255394>

Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа: Учебное пособие / А.И. Жебентяев. - М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. Знание, 2013. - 206 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-006615-8, 1000 экз <http://znanium.com/bookread.php?Book=399829>

Основы статистического анализа. Практик. По стат. Мет. И исслед. Операций с исп. Пакетов STATISTICA и EXCEL: Уч.пос./ Э.А.Вуколов - 2 изд., испр. И доп. - М.: Форум:НИЦ Инфра-М, 2013. - 464 с.URL: <http://znanium.com/bookread.php?Book=369689>

### 7.2. Дополнительная литература:

Валова (Копылова), В. Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : Практикум / В. Д. Валова (Копылова), Е. И. Паршина. - М. : Издательско-торговая корпорация "Дашков и К-", 2013. - 200 с. - ISBN 978-5-394-01301-0. [Http://znanium.com/bookread.php?Book=430507](http://znanium.com/bookread.php?Book=430507)

Экологический мониторинг техносферы : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 280700 - "Техносферная безопасность" (квалификация/степень - бакалавр) / В.П. Дмитренко, Е.В. Сотникова, А.В. Черняев .? Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012 .? 363 с. : ил. ; 21 .? (Учебники для вузов, Специальная литература) .? Библиогр.: с. 357-358 (32 назв.).

Экологический мониторинг техносферы : учебное пособие для студентов вузов/ В.П. Дмитренко, Е.В. Сотникова, А.В. Черняев .? Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2014 .? 368 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4043](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4043)

Проблемы аналитической химии / Рос. акад. наук, Отд-ние химии и наук о материалах, Науч. совет по аналит. химии ; редкол.: акад. Ю. А. Золотов (пред.) и др. ? Москва : Наука, 1970 .? ; 22. Т. 11: Химический анализ в медицинской диагностике / [З. К. Амирова, А. И. Арчаков, Э. Ф. Биктимиров и др.] ; под ред. Д.х.н. Г. К. Будникова .? 2010 .? 502, [1] с. : ил. ? Библиогр. В конце гл. ? Сведения об авт.: с. 500-503 .? ISBN 978-5-02-036694-7, 400.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Образовательные ресурсы по аналитической химии - [window.edu.ru/window/library?p\\_rubric=2.2.74.7.1&p\\_frubr=1.4&p\\_mode=1](http://window.edu.ru/window/library?p_rubric=2.2.74.7.1&p_frubr=1.4&p_mode=1)

Образовательные ресурсы по аналитической химии на сайте "Российское образование" - [www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web\\_Links&file=index&l\\_op=viewlink&cid=2520](http://www.edu.ru/modules.php?op=modload&name=Web_Links&file=index&l_op=viewlink&cid=2520)



Статьи по аналитической химии - Resources for chemistry educators

<http://www.chem1.com/chemed/>

Статьи по аналитической химии в Сетевом образовательном журнале -

[web.archive.org/web/20050217143158/journal.issep.rssi.ru/?id=2133](http://web.archive.org/web/20050217143158/journal.issep.rssi.ru/?id=2133)

Электронная библиотека технической литературы "Нефть и газ" - <http://www.oglibrary.ru/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Инструментальные методы анализа" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

1. Компьютеры и проекционная техника (мультимедийный проектор, экран).
2. Комплекс лабораторных приборов для элементного и молекулярного анализа.
3. Комплект реактивов.
4. Программный пакет "Статистика".
5. Программный пакет офисных приложений.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020700.62 "Геология" и профилю подготовки Гидрогеология, инженерная геология и геоэкология .

Автор(ы):

Галеев А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Шевелев А.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.