

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по образовательной деятельности

А.А.Панфилов

« 26 » 08 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование»

Профиль/программа подготовки «Экология и природопользование»

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
2	3/108	18		36	54	зачет
Итого	3/108	18		36	54	зачет

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины аналитическая химия – обучение студентов теоретическим и практическим основам химических и физико-химических методов анализа различных объектов.

Задачи: овладение расчетами при приготовлении стандартных растворов, методами проведения титриметрических и спектральных анализов, методами интерпретации результатов анализа.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Аналитическая химия» относится к дисциплинам базовой части.

Пререквизиты дисциплины: неорганическая химия, органическая химия, математика, физика.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции <sup>1</sup>	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
<i>ОПК-1</i>	<i>полное</i>	<p><i>Знать: основы химических и физико-химических методов анализа, методы статистической обработки результатов анализа.</i></p> <p><i>Уметь: проводить анализ сточных вод различных производств, поверхностных вод и сырьевых материалов.</i></p> <p><i>Владеть: основами математической обработки результатов анализа и оценки качества анализируемых объектов.</i></p>

## 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия <sup>2</sup>	Лабораторные работы	СРС		
1	Введение, основные понятия и термины. Классификация методов.	2	1-3	2			10	1/50	
2	Титриметрия	2	4-7	6		12	10	9/50	РК-1
3	Электрохимические методы анализа	2	8-9	4		12	10	8/50	РК-2
4	Спектроскопические методы анализа	2	10-14	4		12	12	8/50	РК-3
5	Основные объекты анализа	2	15-18	2			12	-	

<sup>1</sup> Полное или частичное освоение указанной компетенции

<sup>2</sup> Распределение общего числа часов, указанных на практические занятия в УП, с учетом часов на КП/КР

Всего за ___ семестр:		18	36	54	26/48	зачет
Наличие в дисциплине КП/КР						
Итого по дисциплине		18	36	54	26/48	зачет

### Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Введение. Основные термины и определения аналитической химии.

Тема 1. Предмет аналитической химии и её структура

Содержание темы. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения, повышение точности и избирательности, экспрессности анализа. Виды анализа

Тема 2. Выбор метода анализа

Содержание темы. Критерии выбора метода анализа. Классификация методов по способу получения аналитического сигнала.

Раздел 2. Титриметрические методы анализа

Тема 1. Методы титриметрического анализа

Содержание темы. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент, молярная масса эквивалента, молярная концентрация. Первичные и вторичные стандарты. Фиксаналы. Виды кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования и величину скачка титрования в различных методах. Точка эквивалентности. Способы определения конечной точки титрования в различных методах.

Тема 2. Кислотно-основные титрования

Содержание темы. Построение кривых титрования. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований.

Тема 3. Комплексонометрия.

Содержание темы. Этилендиаминтетраацетат натрия – титрант в комплексонометрии. Металлоиндикаторы и требования к ним. Кривые титрования. Методы комплексонометрического титрования. Использование методов комплексонометрии в экологическом мониторинге.

Раздел 3. Электрохимические методы анализа

Тема 1. Общая характеристика методов.

Содержание темы. Классификация. Потенциометрия. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Прямая потенциометрия. Измерение потенциала. Обратимые и необратимые кислотно-восстановительные системы. Индикаторные электроды. Ионметрия. Классификация ионоселективных электродов. Характеристики ионоселективных электродов: электронная функция, коэффициент селективности, время отклика. Примеры практического применения ионметрии. Определение pH ионов щелочных металлов, галогенид-ионов. Потенциометрическое титрование. Способы обнаружения конечной точки титрования в реакциях: кислотно-основных, комплексообразования, окисления-восстановления.

Раздел 4. Спектральные (оптические) методы анализа.

Тема 1. Спектры молекул, их особенности.

Содержание темы. Схемы электронных уровней молекулы. Представление о полной энергии молекул как суммы электронной, колебательной и вращательной. Классификация спектральных методов анализа. Основные законы поглощения электромагнитного излучения (Бугера-Ламберта-Бера). Законы излучения (Ломакина-Шайбе). Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого соединения. Классификация спектральных приборов, их характеристики. Приёмники излучения.

Тема 2. Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия)

Содержание темы. Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром. Основной закон светопоглощения (Бугера-Ламберта-Бера). Связь оптической плотности с концентрацией. Способы получения окрашенных соединений. Фотометрические аналитические реагенты, требования к ним. Способы определения концентраций веществ. Примеры практического применения метода.

Раздел 5. Основные объекты анализа.

Тема 1. Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, атмосферные осадки, почвы.

Содержание темы. Характерные особенности и задачи их анализа. Природные и синтетические органические вещества.

### **Содержание практических/лабораторных занятий по дисциплине<sup>3</sup>**

Раздел 2. Титриметрические методы анализа.

Тема 2. Кислотно-основное титрование.

Содержание лабораторной работы. Определение содержания кислоты в растворе титриметрическим методом.

Тема 3. Комплексонометрия.

Содержание лабораторной работы. Комплексонометрическое определение солей цинка в растворе.

Раздел 3. Электрохимические методы анализа.

Тема 1. Общая характеристика электрохимических методов.

Содержание лабораторной работы. Потенциометрическое определение содержания нитратов в сточной воде. Потенциометрическое определение фторидов в воде.

Раздел 4. Спектральные методы анализа.

Тема 2. Спектрофотометрия.

Содержание лабораторной работы. Фотометрическое определение железа в растворе. Фотометрическое определение хрома (III) и (VI) в воде. Фотометрическое определение содержания аммонийного азота в растворах.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «Аналитическая химия» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- *Интерактивная лекция (раздел 1, тема №2);*
- *Групповая дискуссия (раздел 2, тема №3);*
- *Разбор конкретных ситуаций (раздел 5, тема №1).*

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **Рейтинг-контроль №1.**

1. Дайте определение аналитической химии как науки. Ее предмет, цели, задачи. Связь с другими науками. Области использования методов химического и физико-химического анализа.

2. Как связана наука «Аналитическая химия» с жизнью современного общества (наукой, производством, мониторингом объектов окружающей среды, медициной, качеством жизни).

3. Назовите основные этапы развития аналитической химии как науки.

4. Как вы определите аналитические задачи (обнаружение, идентификация, определение, тестирование веществ)?

5. По каким принципам классифицируют методы аналитической химии (химические, физические, биологические; обнаружения, идентификации, определения; разделения и концентрирования; гибридные и комбинированные; прямые и косвенные методы)?

6. Метод и методика. Метрологические параметры методики: продолжительность, трудоемкость, стоимость, приборное обеспечение.

7. Дайте определение метрологических характеристик методов определения (чувствительность, предел обнаружения, диапазон определяемых содержаний, воспроизводимость, правильность, избирательность).

<sup>3</sup> Данный пункт вносится в рабочую программу только при наличии практических/лабораторных работ в учебном плане.

## Рейтинг-контроль №2.

1. Для чего нужны кривые потенциометрического титрования? Их виды и обработка.
2. Чем обусловлена высокая селективность твердых кристаллических мембран в потенциометрии?
3. Нарисуйте кривую потенциометрического титрования гидроксида натрия серной кислотой. Объясните ее ход и значение.
4. Нарисуйте кривую потенциометрического титрования карбоната натрия соляной кислотой. Объясните ее ход и значение.
5. В чем различие прямой и косвенной потенциометрии? Приведите примеры их использования.
6. Каково происхождение аналитического сигнала в электрохимических методах анализа?
7. Нарисуйте кривую потенциометрического титрования фосфорной кислоты гидроксидом натрия. Объясните ее ход и значение.
8. В стандартных растворах соли калия с концентрацией 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001 М были измерены электродные потенциалы калийселективного электрода относительно хлорид серебряного электрода и получены следующие значения 100; 46,0; -7,00; - 60,0 мВ. Навеску образца массой 0,2000 г, содержащего калий, растворили в воде и объем довели до 100 мл. Измерили электродный потенциал калийселективного электрода, получили значение 60 мВ. Вычислить массовую долю калия в образце.
9. Нарисуйте кривую кондуктометрического титрования уксусной кислоты гидроксидом натрия. Объясните ее ход и значение.

## Рейтинг-контроль № 3.

1. Какими величинами характеризуются полосы поглощения в молекулярных абсорбционных спектрах?
2. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Оптическая плотность.
3. При каких длинах волн следует измерять оптическую плотность растворов при фотометрическом анализе смеси веществ, если их спектры поглощения накладываются друг на друга?
4. Какой вариант спектрофотометрии следует выбрать, если главным требованием является а) быстрота выполнения, б) высокая точность, при достаточно высоком содержании элемента, в) учет влияния фона?
5. Что используется в качестве раствора сравнения при дифференциальном способе измерения оптической плотности, если основной закон светопоглощения а) выполняется, б) не выполняется?
6. Способы определения концентрации в фотометрии.
7. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и разбавляют раствор до 100 мл. К 5 мл раствора добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до 50 мл и фотометрируют при длине кюветы 1 см (молярный коэффициент светопоглощения равен  $1,3 \cdot 10^3$ ). Вычислить массу навески стали, если оптическая плотность равна 0,435 а массовая доля никеля равна 0,5%.
8. Определить массовую долю цинка в муке, если навеску 10 г озолили и золу растворили в колбе на 100 мл. Для анализа отобрали 10 мл полученного раствора добавили необходимые реактивы, разбавили до 50 мл и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см, которая оказалась равной 0,5. Для построения градуировочного графика в мерные колбы на 50 мл ввели 2, 4, 6, 8, 10 мл стандартного раствора цинка с концентрацией 1 мкг/мл, добавили необходимые реактивы, довели колбы до метки водой и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см. Получили оптические плотности 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1,0.

## Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины (зачет), контрольные вопросы для подготовки к зачету

1. Предмет аналитической химии, ее структура.
2. Основные аналитические проблемы: снижение предела обнаружения, повышение точности и избирательности, экспрессности анализа. Виды анализа.

3. Выбор метода анализа. Критерии выбора метода анализа.
4. Классификация методов по способу получения аналитического сигнала
5. Рассчитайте рН 0,01%-ного раствора гидроксида натрия.
6. При определении железа в сточной воде объемом 200,0 мл его окислили до трехвалентного, осадили аммиаком, отделили от раствора и после растворения в соляной кислоте оттитровали 5,14 мл 0,005 М ЭДТА. Найти концентрацию железа в мг/л.
7. В чем различие точки эквивалентности и конечной точки титрования?
8. Рассчитайте рН 0,1 М раствора ацетата натрия ( $K = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).
9. Определить концентрацию (г/л) раствора  $Bi(Юз)_3$ , если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл 0,01 М ЭДТА.
10. Сущность комплексометрического и кислотно-основного определения жесткости воды. Какую жесткость определяют в первом и во втором случаях?
11. На чем основан принцип действия металлоиндикаторов в комплексометрии?
12. Навеску пробы, состоящей только из железа и оксида железа(III) массой 0,2250 г растворили, восстановили железо и оттитровали 37,50 мл 0,0991 М раствора перманганата калия. Вычислить массовую долю (%) железа и оксида железа в пробе (ответ 74,18 % железа и 25,82% оксида).
13. Рассчитайте молярную массу эквивалента карбоната натрия при титровании соляной кислотой с фенолфталеином и метиловым оранжевым.
14. В чем различие индикаторов, применяемых в кислотно-основном и комплексометрическом титровании?
15. Определить концентрацию (г/л) раствора нитрата висмута, если на титрование 20,00 мл его израсходовано 17,26 мл 0,06905 М раствора ЭДТА (ответ 23,54)
16. Потенциометрия. Электрод сравнения и индикаторный электрод.
17. Способы определения концентрации в потенциометрии.
18. Основы фотометрии. Закон Бугера-Ламберта-Бера.
19. Оптическая схема фотоколориметра и спектрофотометра.
20. Способы определения концентрации в фотометрии.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении вопросов, предусмотренных для самостоятельного изучения при подготовке к лабораторным занятиям и решению задач на них, а также в подготовке к текущему контролю знаний и промежуточной аттестации.

*Контрольные вопросы для самостоятельного изучения:*

1. Общая характеристика химических и физико-химических методов анализа.
2. На титрование раствора, содержащего 0,2490 г  $Na_2B_4O_7 \cdot H_2O$ , израсходовано 12,60 мл раствора хлороводородной кислоты. Вычислить молярную концентрацию раствора HCl.
3. Индикаторы, используемые в методах комплексометрического титрования. Механизм их действия.
4. Какой вариант спектрофотометрии следует выбрать, если главным требованием является: а) быстрота выполнения; б) высокая точность при достаточно высоком содержании элемента; в) учет влияния фона.
5. Способы определения концентрации в фотометрии и потенциометрии.
6. Что используется в качестве раствора сравнения при дифференциальном способе измерения оптической плотности, если основной закон светопоглощения а) выполняется; б) не выполняется?
7. Для определения никеля с диметилглиоксимом навеску стали растворяют и разбавляют раствор до 100 мл. К 5 мл раствора добавляют необходимые реактивы, разбавляют водой до 50 мл и фотометрируют при длине кюветы 1 см (молярный коэффициент светопоглощения равен  $1,3 \cdot 10^3$ ). Вычислить массу навески стали, если оптическая плотность равна 0,435, а массовая доля никеля равна 0,5%.
8. Определить массовую долю цинка в муке, если навеску 10 г озолили и золу растворили в растворе HCl в колбе на 100 мл. Для анализа отобрали 10 мл полученного раствора, добавили необходимые реактивы, разбавили до 50 мл и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см, которая оказалась равной 0,5. Для построения градуировочного графика в мерные колбы на 50 мл ввели 2,4,6,8,10 мл стандартного раствора цинка с концентрацией 1 мкг/мл, добавили

необходимые реактивы, довели колбы до метки водой и измерили оптическую плотность в кювете с толщиной слоя 5 см. Получили оптические плотности 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0.

9. При определении железа в сточной воде объемом 200 мл его окислили до трехвалентного, осадили аммиаком, отделили от раствора и после растворения в соляной кислоте оттитровали 5,14 мл 0,005 М ЭДТА. Найти концентрацию железа в мг/дм<sup>3</sup>.

10. Рассчитайте pH 0,1 М раствора ацетата натрия ( $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ ).

11. Определить концентрацию (г/дм<sup>3</sup>) раствора  $Bi(NO_3)_3$ , если на титрование 20,00 мл его израсходовали 17,26 мл 0,01 М ЭДТА.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
Основная литература*			
1. Харитонов Ю.А. Аналитическая химия. Аналитика 2. Количественный анализ. Физико-химические методы анализа. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. 656 с.	2014	10	http://www.studentlibrary.ru
2. Васильев В.П. Аналитическая химия, в 2-х кн., М.: Дрофа, 2002 г.	2002	50	http://www.studentlibrary.ru
3. Амелина В.Г. Аналитическая химия. Методические указания к лабораторным работам. Владимир. Изд-во ВлГУ. 1998.	1998	100	http://www.studentlibrary.ru
Дополнительная литература			
1. Чеснокова С.М., Амелин В.Г. Химические методы анализа объектов окружающей среды. Лабораторный практикум. Владимир. Изд-во Владим. гос. тех. ун-т. 1996. 60 с.	1996	25	-

### 7.2. Периодические издания

Журнал Аналитическая химия.

Заводская лаборатория. Диагностика материалов.

### 7.3. Интернет-ресурсы

<http://anchem.ru>

<http://chemistry.narod.ru>

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеется специальное помещения для проведения лекций и лабораторных занятий по химическим и физико-химическим методам анализа – 326 «а»-1.

Теоретический курс:

Лекции (презентации).

Лабораторные занятия:

1. Весы аналитические, технические.

2. Фотокolorиметр КФК-2, КФК-3.

3. Иономеры 001.

4. Посуда мерная, вспомогательная, штативы.

5. Реактивы для приготовления стандартных и вспомогательных растворов для проведения анализов.

Рабочую программу составила Чеснокова С.М.  
(ФИО, подпись)


Рецензент  
(представитель работодателя) ОАО «Владимирский завод «Электроприбор», инженер по охране  
окружающей среды, к.б.н. Злывко А.С.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры биологии и экологии  
Протокол № 1 от 26.08.2019 года  
Заведующий кафедрой Трифонова Т.А.  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 05.03.06 «Экология и природопользования»  
Протокол № 1 от 26.08.2019 года  
Председатель комиссии Трифонова Т.А.  
(ФИО, подпись)

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

*разрешение Злывко А.С.  
завершено на работе  
от 26.08.2019 г. \* Электроприбор \*  
Трифонова Т.А.*



Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



