

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**  
Факультет почвоведения



УТВЕРЖДАЮ  
И.О. декана факультета  
почвоведения  
П.В. Красильников  
\_\_\_\_\_ 2025 г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)**  
для оценивания результатов обучения  
по дисциплине (модулю):  
**21 Б-ОН Аналитическая химия**

---

**Направление подготовки:**  
**06.03.02 Почвоведение**

---

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине «Аналитическая химия» разработан на основе ОС по специальности/направлению подготовки 06.03.02 «Почвоведение», утвержденного приказом по МГУ от 30.12.2020 № 1370 (в действующей редакции)

# 1. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

## Аналитическая химия

| Компетенции выпускников (коды)  | Индикаторы достижения компетенций   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций   |
|---|---|--|
| <p><b>Б-ОПК-1.</b><br/>Способен для решения профессиональных задач использовать основные закономерности в области математики, физики, химии, наук о Земле, биологии и экологии, прогнозировать последствия своей профессиональной деятельности.</p> | <p><b>ОПК-1.1.</b> Применяет знания основных общих закономерностей в области математики, физики, химии, наук о Земле, биологии и экологии для решения профессиональных задач.</p> | <p><b>Знать:</b> требования к оформлению и представлению результатов аналитических работ<br/> <b>Уметь:</b> корректно интерпретировать результаты определения химического и фазового состава веществ и материалов различной природы (почв)<br/> <b>Уметь:</b> проводить математическую обработку данных химического анализа, обобщать полученные результаты<br/> <b>Уметь:</b> оценивать возможные источники ошибок и корректность полученных данных<br/> <b>Владеть:</b> техникой аналитического эксперимента<br/> <b>Владеть</b> навыками работы на современных аналитических приборах</p> |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   |   | <p><b>Знать:</b> основные закономерности химических равновесий и процессов в гомогенных и гетерогенных системах</p> <p><b>Владеть:</b> теоретическими основами химических и современных инструментальных методов анализа, представлять области их практического применения</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе аналитической химии</p>   |
| <p><b>Б-УК-3.</b> Способен в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях и методах естествознания.</p> | <p><b>Б-УК-3.1.</b> Использует понятия и основные законы естественных наук при решении задач профессиональной деятельности.</p> | <p><b>Уметь:</b> находить необходимые для работы сведения в открытых источниках информации</p> <p><b>Уметь:</b> сопоставлять информацию из разных источников, оценивать ее достоверность</p> <p><b>Уметь:</b> формулировать научные гипотезы при обсуждении литературных и собственных данных</p> <p><b>Владеть</b> навыками поиска и критического анализа информации</p> <p><b>Владеть</b> навыками науки аналитической химии для организации научной и практической деятельности в области почвоведения, природопользования, экологии и охраны природы.</p> |

## 2. Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

### 2.1. Текущий контроль

#### 2.1.1. Коллоквиумы (устный опрос)

- 1) Покажите связь термодинамической и концентрационной (реальной, условной) констант равновесия.
- 2) Что называется термодинамическим произведением растворимости? От каких факторов оно зависит? Что называется реальным произведением растворимости? В каких условиях реальное произведение растворимости является константой? Что называется условным произведением растворимости? От каких факторов зависит его величина?

- 3) Сущность гравиметрического анализа. Прямые и косвенные методы. Преимущества и недостатки. Практическое применение. Осаждаемая и гравиметрическая форма, требования к ним. Гравиметрический фактор. Примеры.
- 4) Сущность и классификация титриметрических методов. Выражение концентраций растворов в титриметрии. Расчет молярной массы эквивалента в разных методах титрования. Первичные и вторичные стандартные растворы.
- 5) Напишите уравнение Нернста и поясните значения всех входящих в него величин. Что такое стандартный электродный потенциал? Что такое формальный (реальный) потенциал?
- 6) Построение кривых окислительно-восстановительного титрования. Факторы, влияющие на величину скачка в окислительно-восстановительном титровании. Выбор индикатора. Оценка индикаторной погрешности.
- 7) Комплексонометрическое титрование. ЭДТА. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на величину скачка в комплексонометрическом титровании. Роль рН.
- 8) Атомно-эмиссионный и атомно-абсорбционный методы анализа. Атомизация и возбуждение в пламени. Помехи. Достоинства и недостатки методов, сравнительная характеристика.
- 9) Спектрофотометрический метод анализа. Основной закон свето- поглощения Бугера-Ламберта-Бера. Способы монохроматизации светового потока. Основные узлы оптических приборов. Выбор условий измерения оптической плотности. Спектр поглощения. Причины отклонения от закона поглощения.
- 10) Хроматографические методы анализа. Характеристики хроматографического пика. Условия разделения пиков. Виды хроматографии.

### 2.1.2. Письменная контрольная работа №1 (равновесие осадок – раствор, гравиметрия, кислотно – основное равновесие и титрование)

- 1) Термодинамическая константа диссоциации кислоты  $HA$  равна  $2,3 \cdot 10^{-5}$ . Рассчитайте реальную константу диссоциации кислоты в  $0,1$  М растворе хлорида магния.
- 2) Найдите растворимость  $S$  (г/л)  $BaCO_3$  в присутствии  $0,016$  М раствора  $Na_2CO_3$  (с учетом ионной силы). Изобразите графически зависимость  $S$  от концентрации  $BaCl_2$  и  $Na_2CO_3$ .
- 3) Укажите эквиваленты и факторы эквивалентности серной кислоты  $H_2SO_4$  в реакциях
  - а)  $H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$
  - б)  $H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$
- 4) Для определения  $CH_3COOH$  в соке  $25,0$  мл сока разбавили до  $500,0$  мл водой, оттитровали аликвоты по  $15,0$  мл  $0,0500$  М  $NaOH$  и получили следующие результаты (мл):  $12,30, 12,25, 12,55, 12,35$  мл. а) Какой индикатор выбрать: метиловый оранжевый ( $pT=4,0$ ) или фенолфталеин ( $pT = 9,0$ )? б) Сколько уксуса содержится в литровой бутылки сока (в г, моль, ммоль, моль/л)?
- 5) Чем загрязнен осадок, полученный при добавлении избытка  $H_2SO_4$  к раствору  $BaCl_2$ ?
- 6) При определении содержания муравьиной кислоты в формальдегиде оттитровали 4 аликвоты по  $10,00$  мл  $0,1020$  М раствором  $NaOH$  и получили следующие результаты (мл):  $2,50, 2,40, 3,40, 2,40$ . Найдите содержание  $HCOOH$  в формальдегиде и доверительный интервал (г/л), считая  $P=0,95$ .
- 7) Смесь карбонатов аммония и натрия обработали избытком щелочи и отогнали получившийся аммиак в мерную колбу на  $200,0$  мл, содержащую  $50,0$  мл  $0,2040$  М  $HCl$ . После отгонки раствор разбавили до метки водой. Аликвоты по  $20,00$  мл оттитровали  $0,0103$  М  $NaOH$ , получив результаты (мл):  $7,00, 7,10, 8,00, 6,90$ . Найдите массу иона аммония (г) в исходной смеси и доверительный интервал ( $P=0,95$ ). Как называются метод определения иона аммония и способ титрования?
- 8) Навеску образца, содержащего  $Na_2CO_3$ , массой  $0,1285$  г растворили в воде и добавили  $25,00$  мл  $0,2034$  М раствора  $HCl$ . Избыток непрореагировавшей кислоты оттитровали

0,1256 М раствором NaOH, израсходовав 23,42 мл. Рассчитайте массовую долю (%)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (М.м. 106,0) в образце.

- 9) Навеску  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  массой 0,1040 г растворили в воде, добавив 25,00 мл 0,0950 М раствора HCl. На титрование избытка кислоты израсходовали 12,42 мл 0,0500 М раствора NaOH. Найдите массовую долю примесей в соде. Как называется описанный способ титрования? М. м.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - 106,0.
- 10) Для определения аммонийного азота из навески удобрения массой 1,2900 г приготовили 250,0 мл раствора. К 25,00 мл полученного раствора добавили формальдегид и выделившуюся кислоту оттитровали 24,22 мл 0,1011 М раствора NaOH. На титрование формальдегида в контрольном опыте израсходовали 0,50 мл NaOH. Определите массовую долю (%) азота (А.м.14,0) в удобрении. Как называются метод определения иона аммония и способ титрования?

### 2.1.2. Письменная контрольная работа №2(окислительно-восстановительное и комплексометрическое титрование, физико-химические методы анализа)

- 1) Постройте кривые титрования 0,1 М раствора  $\text{FeSO}_4$  в присутствии 0,1 М  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :
- 0,1 М раствором  $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$ ;
  - 0,1 н. раствором  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ( $f_{\text{экр}} = 1/6$ );
  - 0,1 н. раствором  $\text{KMnO}_4$  ( $f_{\text{экр}}=1/5$ ).
- 2) Назовите первичные стандартные вещества для стандартизации растворов  $\text{KMnO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Напишите уравнения реакций, укажите условия их проведения и факторы эквивалентности реагирующих веществ.
- 3) Укажите и объясните условия перманганатометрического и дихроматометрического определения Fe(II), перманганатометрического определения окисляемости воды, иодометрического определения Cu(II). Напишите уравнения реакций, укажите факторы эквивалентности реагирующих веществ.
- 4) Для определения кальция в известняке навеску массой 0,4000 г растворили в HCl, разбавили в мерной колбе водой до 100,0 мл и оттитровали 0,0505 М раствором ЭДТА. На титрование аликвоты 10,00 мл в среднем идет 4,50 мл ЭДТА. Каково процентное содержание кальция в известняке? Какова дентатность ЭДТА в реакции с Ca(II)? Каков состав образующегося комплекса? Каков тип комплекса? А.м. Ca - 40,08.
- 5) При определении магния в доломите навеску массой 0,4000 г растворили в HCl, разбавили в мерной колбе водой до 250,0 мл и оттитровали 0,0500 М раствором ЭДТА. На титрование аликвот по 15,00 мл в среднем идет по 6,50 мл раствора ЭДТА. Каково процентное содержание MgO в известняке? Какова дентатность ЭДТА в реакции с Mg(II)? Каково соотношение Mg:ЭДТА в образующемся соединении? Каков тип комплекса? М.м. MgO - 40,30.
- 6) При определении железа в силикате навеску массой 0,4000 г перевели в раствор, разбавили до метки водой в мерной колбе на 100,0 мл и оттитровали 0,0503 М раствором ЭДТА. На титрование аликвот по 25,00 мл в среднем идет по 4,50 мл раствора ЭДТА. Каково содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в силикате (%)? Какова дентатность ЭДТА в реакции с Fe(III)? Каково соотношение Fe:ЭДТА в образующемся соединении? Каков тип комплекса? М.м.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 159,7.
- 7) К подкисленному раствору, полученному растворением навески образца, содержащего основной карбонат висмута, массой 0,5051 г добавили 20,00 мл 0,0500 М раствора ЭДТА. После доведения pH раствора до 9,3 избыток ЭДТА оттитровали 0,0500 М раствором сульфата цинка, израсходовав 9,20 мл. Рассчитайте массовую долю (%) висмута (А.м. 208,98) в образце.
- 8) Факторы, влияющие на скорость химических реакций. Индуцированные реакции (актор, индуктор, акцептор). Индуктор и катализатор.
- 9) Метод потенциометрического титрования. Как обнаружить конечную точку потенциометрического титрования?

10) Спектрофотометрический метод анализа. Основной закон светопоглощения, спектры поглощения, молярный коэффициент поглощения.

## 2.2. Самостоятельная работа (решение задач и выполнение заданий)

1) Вычислите растворимость (в молях на литр и в г на 100 мл) сульфата бария и иодата бария в воде.  $K_{sBaSO_4} = 1,05 \cdot 10^{-10}$ ,  $K_{sBa(IO_3)_2} = 1,51 \cdot 10^{-9}$ . Во сколько раз изменится растворимость иодата бария в присутствии 0,02 М нитрата калия по сравнению с растворимостью в воде?

2) Сколько граммов свинца будет потеряно за счет растворимости сульфата свинца при осаждении из 100,0 мл  $1,0 \cdot 10^{-2}$  М раствора нитрата свинца эквивалентным и 1,3 - кратным избытком серной кислоты?  $K_{sPbSO_4}^0 = 1,6 \cdot 10^{-8}$

3) Выразите гравиметрические факторы

а) при определении Al в виде  $Al_2O_3$

б) при определении Ni в виде диметилглиоксимата никеля Ni(ДМГ)<sub>2</sub>

в) при определении  $H_2SO_4$  в виде  $BaSO_4$

г) при определении Ca, если в качестве гравиметрической формы использованы следующие соединения: CaO,  $CaSO_4$ ,  $CaCO_3$ ,  $CaC_2O_4$

4) Какую навеску зерна следует взять для определения влажности, если допустимое содержание влаги в зерне составляет 4%?

5) При титровании 0,1000 М раствора HCl 0,1000 М NaOH использовали индикаторы фенолфталеин (pT=9,0) и метиловый оранжевый (pT=4,0). Покажите расчетами, какой из индикаторов использовать целесообразнее.

6) При титровании 0,1000 М раствора  $CH_3COOH$  0,1000 М раствором NaOH использовали индикаторы фенолфталеин (pT=9,0) и метиловый оранжевый (pT=4,0). Покажите расчетами, какой из индикаторов использовать целесообразнее.

7) Можно ли использовать 2-нитрофенол (pT=4,0) при титровании 0,0200 М раствора  $NH_3$  0,0200 М раствором HCl?

8) Постройте кривую титрования 0,1 М раствора  $FeSO_4$  в присутствии 0,1 М  $H_2SO_4$  0,1 М раствором  $Ce(SO_4)_2$ ;

9) Постройте кривую титрования 0,1 М раствора  $FeSO_4$  в присутствии 0,1 М  $H_2SO_4$  0,1 М раствором  $Ce(SO_4)_2$  0,1 н. раствором  $K_2Cr_2O_7$  ( $f_{эKB} = 1/6$ );

10) Постройте кривую титрования 0,1 М раствора  $FeSO_4$  в присутствии 0,1 М  $H_2SO_4$  0,1 М раствором  $Ce(SO_4)_2$  0,1 н. раствором  $KMnO_4$  ( $f_{эKB} = 1/5$ )

## 2.3. Шкала и критерии оценивания:

Коллоквиумы, контрольные работы и домашние задания считаются выполненными при соблюдении следующих критериев:

Оценка «отлично» - выполнение 85% задания,

Оценка «хорошо» - выполнение 70% задания,

Оценка «удовлетворительно»- выполнение 40% задания,

Оценка «неудовлетворительно» - выполнение менее 40% задания.

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### 3.1. Зачет (при наличии) -

#### 3.2. Экзамен: вопросы к экзамену

- 1) Ионное состояние вещества в идеальной и реальной системах. Общая и равновесная концентрации. Термодинамическая и условная константы равновесия. Их взаимосвязь. Современные представления о кислотах и основаниях. Протолитическая теория. Константы кислотности и основности.
- 2) Равновесие в гетерогенной системе осадок - насыщенный раствор. Константа равновесия (произведение растворимости) – термодинамическая, реальная, условная. Условия выпадения и растворения осадка. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Сущность гравиметрического анализа. Осаждаемая и гравиметрическая форма, требования к ним.
- 3) Сущность и классификация титриметрических методов. Выражение концентраций растворов в титриметрии. Расчет молярной массы эквивалента в разных методах титрования. Первичные и вторичные стандартные растворы.
- 4) Основные признаки комплексных соединений. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Хелаты и внутрикислотные соединения. Хелатный эффект. Применение аминополикарбоновых кислот в титриметрии. Обнаружение конечной точки титрования. Способы комплексонометрического титрования.
- 5) Окислительно-восстановительное равновесие. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Влияние электростатических и химических взаимодействий на потенциал. Окислительно-восстановительное титрование. Первичные и вторичные стандартные растворы. Кривые титрования. Индикаторы. Краткая характеристика различных методов.
- 6) Классификация спектроскопических методов. Важнейшие характеристики спектральных линий.
- 7) Атомная эмиссионная и атомная абсорбционная спектроскопия.
- 8) Спектрофотометрия. Выбор оптимальных условий проведения фотометрических реакций. Применение спектроскопических методов для определения концентрации вещества.
- 9) Классификация электрохимических методов анализа. Индикаторный электрод и электрод сравнения. Прямая потенциометрия. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Стеклообразный и фторид-селективный электроды.
- 10) Классификация хроматографических методов анализа. Хроматограммы и способы их получения. Основные принципы бумажной и тонкослойной хроматографии. Примеры практического применения.
- 11) Гравиметрическое определение сульфат-иона.
- 12) Гравиметрическое определение железа и алюминия.
- 13) Гравиметрическое определение кальция.
- 14) Гравиметрическое определение кремния.
- 15) Гравиметрическое определение магния с 8-оксихинолином.
- 16) Определение  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$  при совместном присутствии.
- 17) Определение  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaOH}$  при совместном присутствии.
- 18) Определение азота титриметрическими методами.
- 19) Перманганатометрическое определение железа. Индуцированные реакции. Защитные смеси.

- 20) Перманганатометрическое определение окисляемости природной воды или водной вытяжки из почвы.
- 21) Дихроматометрия. Общая характеристика метода. Определение железа. Роль кислотности и фосфорной кислоты.
- 22) Комплексонометрическое определение кальция и магния при совместном присутствии. Выбор рН. Индикаторы.
- 23) Фотометрическое определение титана.
- 24) Фотометрическое определение никеля.
- 25) Фотометрическое определение железа.
- 26) Определение щелочных металлов методом эмиссионной фотометрии пламени. Пламенно-эмиссионное определение натрия и калия.

### 3.3. Шкала и критерии оценивания

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине «Аналитическая химия». Уровень знаний обучающегося оценивается на "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно".

Оценка "отлично" выставляется, если обучающийся демонстрирует сформированные систематические знания, умения и навыки их практического использования. Оценка "хорошо" ставится, если при демонстрации знаний, умений и навыков студент допускает отдельные неточности (пробелы, ошибочные действия) не принципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

| <b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине</b> |                                      |  |  |   |
|--|--------------------------------------|--|--|---|
| <b>Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств</b>                  | <b>2</b>                             | <b>3</b>   | <b>4</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Знания</b>  | Отсутствие знаний                    | Фрагментарные знания                                     | Общие, но не структурированные знания  | Сформированные систематические знания                           |
| <b>Умения</b>  | Отсутствие умений                    | В целом успешное, но не систематическое умение           | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера) | Успешное и систематическое умение                               |
| <b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b>                                | Отсутствие навыков (владений, опыта) | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной                                     | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

|  |  |  |       |  |
|--|--|--|-------|--|
|  |  |  | форме |  |
|--|--|--|-------|--|

**Разработчик: Осипова Елена Андреевна**

Должность: Доцент кафедры аналитической химии химического факультета МГУ

Ученая степень: кандидат химических наук, диплом ВАК ХМ №013870 от 3.04.1985 г.

Ученое звание: Доцент, аттестат доцента ГКРФ по высшему образованию ДЦ №017099 от 17.04.1996 г.