

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО  
Президиумом ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря 2021 г. № 4

## **Рабочая программа дисциплины**

*Аналитическая химия*

---

Уровень высшего образования  
бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
05.03.06 «Экология и природопользование»

---

Направленность образовательной программы  
«Экология»

---

Квалификация (степень)  
бакалавр

---

Форма обучения  
очная

---

## 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Аналитическая химия» относится к базовой части Блока 1 ОПОП по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование», является обязательной для освоения студентами на первом курсе во 2 семестре.

Необходимой базой для освоения аналитической химии являются курсы химии, математики и физики, преподаваемые в средних общеобразовательных школах или в средних специальных учебных заведениях. Для успешного и полного освоения разделов аналитической химии и получения навыков выполнения анализа необходимы знания химических свойств, состава и строения простых веществ и химических соединений, понимание взаимосвязи строения вещества и протекающих химических реакций, умение прогнозирования свойств веществ на основе закономерностей, вытекающих из периодического закона и Периодической системы элементов. Освоение современных инструментальных методов анализа (физических и физико-химических) требует знания фундаментальных разделов физики. Грамотная статистическая обработка результатов химического анализа невозможна без освоения фундаментальных разделов математики. Для наиболее полного использования приемов аналитической химии в анализе объектов окружающей среды, биологических и технологических сред требуется владение программным обеспечением компьютеров и их использование для планирования химических исследований и обработки экспериментальных данных. В этой связи, для успешного изучения курса аналитической химии рекомендуется предварительное освоение материала таких дисциплин как общая химия, физика, математика, информатика и современные информационные технологии.

Знания и навыки, приобретенные в курсе изучения аналитической химии, необходимы для успешного освоения всех дисциплин базовой и вариативной части профессионального цикла и успешного проведения исследовательской работы.

### Целями освоения дисциплины «Аналитическая химия» являются:

изучение теоретических основ современных химических, физико-химических (инструментальных) и физических методов анализа и исследования, получение навыков выполнения аналитических операций, сопоставление различных методов анализа и выбор оптимального для решения конкретной аналитической задачи.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции  (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОПК-2</i> владением базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии и биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользования; владение методами химического анализа, владение знаниями о современных динамических процессах в природе и техносфере, о состоянии геосфер Земли, экологии и эволюции биосферы, глобальных экологических проблемах, а также методами отбора и анализа геологических и биологических проб; владение навыками	<i>З1 (ОПК-2)</i> Знать место аналитической химии в системе наук; существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы использования основных методов химического анализа (химических, физических, биологических); иметь представление об особенностях анализа различных объектов <i>У1 (ОПК-2)</i> Уметь применять навыки выполнения аналитических операций для выбора метода и проведения анализа <i>В1 (ОПК-2)</i> Владеть методологическими и метрологическими основами анализа, методологией

идентификации и описания биологического разнообразия, его оценки современными методами количественной обработки информации (Начальный этап)	выбора методов анализа конкретного объекта и методикой его проведения
---	---

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часов, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 32 часа занятия лабораторного типа, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 78 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, (в т.ч. включая 36 часов подготовки к экзамену).

#### Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия практического типа	Всего	
Тема 1. Предмет, цели и задачи аналитической химии. Классификация аналитических методов. Характеристика аналитических реакций и реагентов.	4	2			2	2
Тема 2. Состояние вещества в растворе. Ионные равновесия.	4	2			2	2
Тема 3. Равновесия раствор-осадок малорастворимого электролита.	10	2	4		6	4
Тема 4. Реакции окисления-восстановления в аналитической химии.	8	2	2		4	4
Тема 5. Кислотно-основные равновесия. Теории кислот и оснований.	8	2	2		4	4
Тема 6. Комплексные соединения в аналитической химии.	6	2	2		4	2
Тема 7. Количественный анализ. Основные принципы и классификация методов количественного анализа. Отбор и подготовка проб к анализу. Гравиметрия.	6	2	2		4	2
Тема 8. Титриметрический анализ. Классификация методов, требования к реакциям, применяемым в титриметрии. Окислительно-восстановительное, кислотно-основное и комплексонометрическое титрование. Погрешности титрования.	8	2	2		4	2

<i>Тема 9.</i> Методы разделения и концентрирования в аналитической химии.	6	2	2		4	2
<i>Тема 10.</i> Представление результатов химического анализа. Основы химической метрологии. Классификация погрешностей измерений. Оценка сходимости результатов. Правильность анализа и устранение систематических погрешностей. Понятие о стандартных образцах.	6	2	2		4	2
<i>Тема 11.</i> Классификация физических и физико-химических (инструментальных) методов анализа. Основные характеристики методов и требования, предъявляемые к ним.	6	2	2		4	2
<i>Тема 12.</i> Методы молекулярного спектрального анализа. Анализ по ИК спектрам. Спектрофотометрия и фотокolorиметрия в видимой области спектра.	8	2	4		6	2
<i>Тема 13.</i> Элементный спектральный анализ. Атомно-эмиссионный спектральный анализ. Атомно-абсорбционный метод.	4	2			2	2
<i>Тема 14.</i> Электрохимические методы анализа. Общая характеристика и классификация электрохимических методов. Потенциометрия. Кондуктометрия.	10	2	4		6	4
<i>Тема 15.</i> Хроматографические методы. Принципы метода хроматографии. Качественный и количественный хроматографический анализ.	4	2			2	2
<i>Тема 16.</i> Анализ промышленных, природных и биологических объектов.	8	2	4		6	2
В т.ч. текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация – экзамен, 36 часов						

## Содержание дисциплины «Аналитическая химия»

### Раздел 1

#### Введение

Предмет аналитической химии, ее структура; место в системе наук, связь с практикой. Виды анализа: изотопный, элементный, структурно-групповой (функциональный), молекулярный, вещественный, фазовый. Химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, микро- и ультрамикрoанализ.

Современное состояние и тенденции развития аналитической химии: инструментализация, автоматизация, математизация, миниатюризация, увеличение доли физических методов, переход к многокомпонентному анализу, создание сенсоров и тест-методов. Научная химико-аналитическая литература.

#### Типы химических реакций и процессов в аналитической химии

Основные типы химических реакций в аналитической химии: кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления. Используемые процессы: осаждение-растворение, экстракция, сорбция. Состояние веществ в идеальных и реальных системах.

Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Электролитическая диссоциация. Теория Дебая–Хюккеля. Коэффициенты активности. Общая и равновесная концентрации. Графическое описание равновесий.

**Кисотно-основные реакции.** Современные представления о кислотах и основаниях (теория Льюиса). Теория Бренстеда-Лоури. Константы кислотности и основности. Ионное произведение воды. Константа автопротолиза. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисления pH растворов кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований, смеси кислот и оснований.

**Реакции комплексообразования.** Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Классификация комплексных соединений (внутрисферные комплексы и ионные ассоциаты). Свойства комплексных соединений, имеющие аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть. Способы повышения чувствительности и селективности анализа с использованием комплексных соединений.

**Окислительно-восстановительные реакции.** Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Направление реакции окисления и восстановления. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе.

**Процессы осаждения и соосаждения.** Равновесие в системе раствор - осадок. Осадки и их свойства. Произведение растворимости. Условия образования осадка. Факторы, влияющие на растворимость осадков: температура, ионная сила, действие одноименного иона.

#### **Методы обнаружения и идентификации**

Задачи и выбор метода обнаружения и идентификации химических соединений. Идентификация атомов, ионов и веществ. Дробный и систематический анализ. Микрорентгенофлуоресцентный анализ. Капельный анализ. Анализ растиранием порошков. Хроматографические методы качественного анализа. Экспрессный качественный анализ в производственных и полевых условиях. Примеры практического применения методов обнаружения.

#### **Гравиметрический метод анализа**

Сущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки метода. Общая схема определений. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Примеры практического применения гравиметрического метода анализа.

#### **Титриметрические методы анализа**

Методы титриметрического анализа. Классификация. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Виды титриметрических определений: прямое, обратное, косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандарты, требования к ним. Фиксаны. Вторичные стандарты. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.

**Кислотно-основное титрование.** Построение кривых титрования. Влияние величины констант кислотности или основности, концентрации кислот или оснований, температуры, ионной силы на величину скачка на кривой титрования. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Примеры практического применения.

**Окислительно-восстановительное титрование.** Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, йодометрия и йодиметрия, бихроматометрия). Первичные и вторичные стандарты. Индикаторы.

**Осадительное титрование.** Способы обнаружения конечной точки титрования; индикаторы. Погрешности титрования. Примеры практического применения.

**Комплексометрическое титрование.** Использование аминополикарбонновых кислот (комплексонов) в комплексометрии. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Примеры практического применения.

#### **Методы выделения, разделения и концентрирования**

Основные методы разделения и концентрирования, их роль в химическом анализе. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы.

#### **Метрологические основы химического анализа**

Основные стадии химического анализа. Выбор метода анализа и составление схем анализа. Основные метрологические понятия и представления: измерение, методы и средства измерений, погрешности. Аналитический сигнал и помехи. Способы определения содержания по данным аналитических измерений.

Основные характеристики метода и методики анализа: правильность и сходимость, предел обнаружения, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний.

Классификация погрешностей анализа. Систематические и случайные погрешности. Погрешности отдельных стадий химического анализа. Способы оценки правильности: использование стандартных образцов, метод добавок, метод варьирования навесок, сопоставление с другими методами. Статистическая обработка результатов измерений. Способы повышения сходимости и правильности анализа.

### **Раздел 2**

#### **Спектроскопические методы анализа**

Спектр электромагнитного излучения. Классификация спектроскопических методов на основе спектра электромагнитного излучения (атомная, молекулярная, абсорбционная, эмиссионная спектроскопия).

**Атомно-эмиссионный метод.** Спектрографический и спектрометрический методы анализа, их особенности, области применения. Качественный и количественный анализ..

**Атомно-абсорбционный метод.** Возможности, преимущества и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионными методами (точность, избирательность, чувствительность, экспрессность). Примеры практического применения атомно-эмиссионного и атомно-абсорбционного методов.

**Молекулярная абсорбционная спектроскопия (спектрофотометрия).** Основной закон светопоглощения. Отклонения от закона, их причины. Способы определения концентрации веществ. Анализ многокомпонентных систем. Примеры практического применения метода.

#### **Электрохимические методы анализа**

Общая характеристика электрохимических методов. Классификация. Электрохимические ячейки. Индикаторный электрод и электрод сравнения.

#### **Потенциометрия**

**Прямая потенциометрия.** Измерение потенциала. Индикаторные электроды. Электроды сравнения. Электродная функция, коэффициент селективности, время отклика. Ионометрия. Примеры практического применения ионометрии.

**Потенциометрическое титрование.** Изменение электродного потенциала в процессе титрования. Способы обнаружения конечной точки титрования. Примеры практического применения.

#### **Кондуктометрия**

Электропроводность растворов и принципы кондуктометрии и кондуктометрического титрования.

Сравнительная характеристика чувствительности и избирательности, областей применения электрохимических методов.

#### **Хроматографические методы анализа**

Определение хроматографии. Понятие о подвижной и неподвижной фазах. Классификация методов по агрегатному состоянию подвижной и неподвижной фаз, по

механизму разделения, по технике выполнения. Основные параметры хроматограммы. Качественный и количественный хроматографический анализ.

#### **Основные объекты анализа**

Объекты окружающей среды: воздух, природные и сточные воды, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа.

Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области. Санитарно-гигиенический контроль.

Геологические объекты. Металлы и сплавы. Природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры. Виды анализа таких объектов и соответствующие методы. Специальные объекты анализа: токсичные и радиоактивные вещества, токсины в пищевых продуктах, наркотики, взрывчатые и легковоспламеняющиеся вещества, газы, космические объекты.

### **Лабораторный практикум**

№п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ
1	1	Частные реакции на анионы. Контрольная задача на анионы (качественный анализ).
2	1	Частные реакции на катионы I-III и VI аналитических групп. Контрольная задача на смесь катионов I, II, III и VI групп (качественный анализ).
3	1	Частные реакции катионов IV, V аналитических групп. Контрольная задача на смесь катионов III-VI групп (качественный анализ).
4	1	Приготовление 0.1 н. раствора серной кислоты. Определение щелочи в растворе (количественный анализ).
5	1	Определение общей жесткости воды. Определение содержания ионов кальция (II) в воде (количественный анализ).
6	2	Определение железа (III) по реакции с роданидом (оптические методы анализа).
7	2	Иодометрическое определение аскорбиновой кислоты (потенциометрические методы анализа)
8	1	Ионометрическое определение нитрат-ионов (потенциометрия).

#### **4. Образовательные технологии**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме лекционных и лабораторных занятий, на которых применяются следующие образовательные технологии:

1. Традиционные технологии: *информационные лекции* (последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое

- преимущественно вербальными средствами), *лабораторные работы* (организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов);
2. Технологии проблемного обучения: *проблемные лекции* (изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала);
  3. Информационно-коммуникационные образовательные технологии: *лекции-визуализации* (изложение содержания сопровождается презентацией – демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Виды самостоятельной работы студентов в рамках освоения дисциплины:

- изучение понятийного аппарата и проработка тем дисциплины;
- работа с основной и дополнительной литературой дома и в библиотеке;
- изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет;
- подготовка к лабораторным работам;
- подготовка отчета по лабораторным работам;
- подготовка к контрольным работам (примеры контрольных работ представлены в п. 6.4);
- подготовка к вопросам на собеседовании (вопросы для собеседования представлены в п. 6.4);
- подготовка к экзамену;

### **Изучение понятийного аппарата дисциплины**

Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна быть подчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины помогут различные энциклопедии, словари, справочники и другие материалы, указанные списке литературы.

### **Работа над основной и дополнительной литературой**

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к нормативно-правовым актам, научным монографиям и материалам периодических изданий. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников. При этом если уже на первых курсах обучения студент определяет для себя наиболее интересные сферы для изучения, то подобная работа будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

### **Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет**

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

### **Самоподготовка к лабораторным занятиям**



При подготовке к лабораторному занятию необходимо помнить, что данная дисциплина тесно связана с ранее изучаемыми дисциплинами.

На семинарских занятиях студент должен уметь последовательно излагать свои мысли и аргументировано их отстаивать. Для достижения этой цели необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- 3) изучить рекомендованную учебно-методическим комплексом литературу по данной теме;
- 4) тщательно изучить лекционный материал;
- 5) ознакомиться с вопросами очередного семинарского занятия;
- 6) подготовить краткое выступление по каждому из вынесенных на семинарское занятие вопросу.

Изучение вопросов очередной темы требует глубокого усвоения теоретических основ дисциплины, раскрытия сущности основных положений, проблемных аспектов темы и анализа фактического материала.

#### **Самостоятельная работа студента при подготовке к экзамену**

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов и разработку мер по дальнейшему повышению качества подготовки современных специалистов.

В начале семестра рекомендуется внимательно изучить перечень вопросов к экзамену по данной дисциплине (представлен в разделе 6.4), а также использовать в процессе обучения программу, другие методические материалы, разработанные кафедрой по данной дисциплине. Это позволит в процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение студентом существа того или иного вопроса за счет:

- а) уточняющих вопросов преподавателю;
- б) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- в) углубленного изучения вопросов темы по учебным пособиям.

После изучения соответствующей тематики рекомендуется проверить наличие и формулировки вопроса по этой теме в перечне вопросов к экзамену, а также попытаться изложить ответ на этот вопрос. Если возникают сложности при раскрытии материала, следует вновь обратиться к лекционному материалу, материалам практических занятий, уточнить терминологический аппарат темы, а также проконсультироваться с преподавателем.

Самостоятельная работа студентов в процессе изучения дисциплины «Аналитическая химия» предполагает чтение учебной и научной литературы, решение задач по тематическим разделам дисциплины. Учебники и задачки имеются в наличии в библиотеке в необходимом количестве, а также доступны на соответствующих Интернет-сайтах. Средствами для текущего контроля успеваемости являются контрольные работы и коллоквиум, которые проводятся по итогам изучения тематических разделов дисциплины. По итогам изучения дисциплины предусмотрен экзамен.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Устный опрос
- Контрольная работа «Состояние электролитов в растворе»
- Контрольная работа «Гетерогенные равновесия»
- Контрольная работа «Окислительно-восстановительные реакции»
- Контрольная работа «Гидролиз»

Основу для самостоятельной подготовки студентов составляет *учебно-методическое пособие*:

Кулешова Н.В., Абражеев Р.В., Нипрук О.В. Методическое руководство к лабораторным работам по аналитической химии: Учебно-методическое пособие. Н.Новгород, 2020. 59 с.

Вопросы к устному опросу и контрольным работам представлены в приведенном выше учебно-методическом пособии.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме экзамена.

## 6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

**6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, в которых участвует дисциплина «Аналитическая химия»**

**ОПК-2** владением базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии и биологии в объеме, необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользования; владение методами химического анализа, владение знаниями о современных динамических процессах в природе и техносфере, о состоянии геосфер Земли, экологии и эволюции биосферы, глобальных экологических проблемах, а также методами отбора и анализа геологических и биологических проб; владением навыками идентификации и описания биологического разнообразия, его оценки современными методами количественной обработки информации.

Общепрофессиональная компетенция выпускника программы бакалавриата по направлению подготовки 05.03.06 «**Экология и природопользование**».

*Этап формирования – начальный.*

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания						
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знать место аналитической химии в системе наук; существо реакций и процессов, используемых в аналитической химии; принципы использования основных методов химического анализа (химических, физических, биологических); иметь	Отсутствие знаний материала	Наличие грубых ошибок в основном материале	Знание основного материала при наличии ошибок	Знание основного материала с заметными погрешностями и	Знание основного материала с незначительными погрешностями и	Знание основного материала без ошибок	Знание основного и дополнительного материала без ошибок

представление об особенностях анализа различных объектов							
Уметь применять навыки выполнения аналитических операций для выбора метода и проведения анализа	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Владеть методологическими и метрологическими основами анализа, методологией выбора методов анализа конкретного объекта и методикой его проведения	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных заданий	0-20%	21-50%	51-70%	71-80%	81-90%	91-99%	100%

## 6.2 Описание шкал оценивания

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде комплексного экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала;
- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие все лабораторные работы на момент сдачи экзамена. Выполнение всех работ предусматривает сдачу допусков, выполнение экспериментальной части работ, сдачу отчетов).

**Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенции используются:**

1. выполнение всех лабораторных работ, предусмотренных учебной программой;
2. ответ по билету.

### **Критерии оценивания экзамена**

<b>Оценка</b>	<b>Уровень подготовки</b>
Превосходно	Превосходная подготовка. Исчерпывающее и логически строгое изложение всех разделов дисциплины. Владение материалом позволяет быстро справиться с видоизмененным заданием. Успешное владение любыми типами расчетных и качественных задач.
Отлично	Отличная подготовка. Твердое знание всех разделов дисциплины. Допускаются незначительные неточности, нарушения в последовательности изложения материала. Владение необходимыми приемами и способами решения всех расчетных и качественных задач.
Очень хорошо	Очень хорошая подготовка. Твердое знание всех разделов дисциплины с рядом неточностей. Владение необходимыми приемами и способами решения основных расчетных и качественных задач.
Хорошо	Хорошая подготовка. Знание основных разделов дисциплины. При изложении материала допускаются незначительные неточности. Владение необходимыми приемами и способами решения основных расчетных и качественных задач.
Удовлетворительно	Подготовка, удовлетворяющая минимальным требованиям. Знание основного содержания разделов дисциплины, допускаются грубые неточности, неправильные формулировки, нарушения в последовательности изложения материала. Имеющихся знаний достаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Допускаются грубые ошибки в решении расчетных задач. Обладает необходимыми приемами и способами решения основных качественных задач.
Неудовлетворительно	Не знает значительной части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Не может решать основные качественные задачи. Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания.
Плохо	Подготовка совершенно недостаточная. Не знает большей части основного содержания разделов дисциплины. Имеющихся знаний совершенно недостаточно для освоения дисциплин последующих курсов. Не может

	решать простые расчетные задачи.
--	----------------------------------

\*информация предоставляется преподавателем, ведущим лабораторные занятия.

### **6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций**

Текущий контроль успеваемости предусматривает систематический мониторинг качества получаемых студентами знаний и практических умений по всем разделам учебного плана, а также результатов самостоятельной работы над изучаемой дисциплиной

Промежуточная аттестация по результатам работы студента в текущем периоде проходит в форме экзамена.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- *письменные ответы* на вопросы контрольных работ;
- *индивидуальный устный ответ* на собеседовании;

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- *практические контрольные задания* (ПКЗ), включающие выполнение одной или нескольких задач;
- *оформление отчетов* по лабораторным работам;

### **6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций**

#### ***Перечень вопросов для экзамена:***

1. Предмет аналитической химии. Структура аналитической химии (качественный и количественный анализ, классификация видов анализа по объему или массе пробы, по природе обнаруживаемых или определяемых частиц, другие виды классификации анализа). Классификация методов анализа (классические, инструментальные).
2. Этапы химического анализа. Постановка задачи, выбор метода и схемы анализа. Отбор пробы, подготовка пробы к анализу. Измерение аналитического сигнала. Обработка результатов измерений. Способы определения концентрации вещества по величине аналитического сигнала (метод градуировочного графика, метод добавок, косвенные методы).
3. Единицы количества вещества и способы выражения концентрации (массовая доля, процентная концентрация, титр, титр вещества по веществу, молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента). Эквивалент, фактор эквивалентности. Пересчет одного способа выражения концентрации раствора в другой.
4. Погрешности химического анализа. Случайные, систематические и грубые погрешности. Их причины. Воспроизводимость, сходимость и правильность анализа. Проверка правильности результатов анализа. Элементы математической статистики при оценке случайных погрешностей. Критерий отбраковки результатов анализа. Представление результатов химического анализа в интервальном варианте.
5. Теория электролитической диссоциации. Диссоциация электролитов. Степень диссоциации. Константа диссоциации. Закон разбавления Оствальда.
6. Влияние электростатических взаимодействий на равновесие. Активность ионов, коэффициент активности, ионная сила раствора. Теория Дебая-Хюккеля. Предельный и расширенный закон Дебая-Хюккеля. Буферные растворы общей ионной силы.

7. Электролитическая диссоциация воды. Ионное произведение воды. Равновесие  $H^+$  и  $OH^-$  в водных растворах. Показатель концентрации ионов водорода  $pH$  и показатель концентрации гидроксид-ионов  $pOH$ . Расчет  $pH$  в водных растворах сильных и слабых кислот и оснований (формулы с выводом). Буферные растворы. Сущность буферного действия. Буферная ёмкость. Расчет  $pH$  буферных растворов. Уравнение Гендерсона.
8. Равновесия в растворах гидролизующихся солей. Четыре типа солей: соль образованная сильным основанием и слабой кислотой, слабым основанием и сильной кислотой, слабым основанием и слабой кислотой, сильным основанием и сильной кислотой. Расчет  $pH$  водных растворах гидролизующихся солей (формулы с выводом).
9. Окислительно-восстановительные реакции. Их применение в аналитической химии. Процессы окисления и восстановления. Окислители и восстановители. Окислительно-восстановительные пары. Уравнивание окислительно-восстановительных реакций электронно-ионным методом (методом полуреакций). Уравнение Нернста. Стандартные потенциалы. Направление протекания окислительно-восстановительных реакций. Условные потенциалы. Влияние кислотности на направление окислительно-восстановительных реакций. Глубина протекания окислительно-восстановительных реакций. Связь константы равновесия и стандартных потенциалов окислительно-восстановительных пар.
10. Равновесия в гетерогенной системе. Гетерогенные системы. Концентрированные и разбавленные растворы. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Равновесия в насыщенных растворах труднорастворимых электролитов. Произведение растворимости. Условие выпадения осадка. Расчет растворимости труднорастворимых электролитов в воде. Влияние одноименных ионов, индифферентных электролитов, кислотности на растворимость труднорастворимых солей.
11. Гравиметрический метод. Сущность метода. Гравиметрический фактор. Осаждаемая и гравиметрическая формы, требования к ним. Применение гравиметрического метода, достоинства и недостатки.
12. Титриметрический анализ. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии. Классификация титриметрических методов (по характеру аналитической реакции, по способу проведения титрования). Первичные и вторичные стандарты. Приготовление стандартных растворов. Понятие точки эквивалентности, конечной точки титрования, скачка титрования. Основное уравнение титрования. Расчет концентрации анализируемого раствора и массы определяемого вещества.
13. Метод нейтрализации. Классификация (алкалометрия и ацидометрия). Определяемые вещества. Первичные стандарты. Требования, предъявляемые к индикаторам. Ионная теория индикаторов. Хромофорная теория индикаторов. Ионно-хромофорная теория индикаторов. Расчет кривой титрования сильной и слабой кислоты щелочью. Скачок титрования. Принцип выбора индикатора.
14. Методы окислительно-восстановительного титрования (перманганатометрия, йодометрия, йодиметрия). Определение аскорбиновой кислоты.
15. Комплексометрическое титрование. Комплексонометрия. Трилон Б, этилендиаминтетрауксусная кислота. Взаимодействие трилона Б с ионами металлов (состав комплексов и условия протекания реакций). Индикаторы (специфические и металлохромные) в комплексонометрии. Жесткость воды. Определение жесткости воды методом комплексонометрии.
16. Электрохимические методы анализа. Потенциометрия. Электрохимическая ячейка. Типы индикаторных электродов. Вспомогательные электроды. Ионометрия. Катионная и анионная функция электрода. Уравнение Нернста. Крутизна электродной функции. Потенциометрическое титрование. Способы нахождения

- точки эквивалентности. Кондуктометрия. Основы метода. Кондуктометрическое титрование.
17. Спектроскопические методы анализа. Классификация (по типу частиц, взаимодействующих с веществом, по диапазону электромагнитного спектра, по характеру процесса взаимодействия излучения с веществом). Спектрофотометрия. Принцип метода, закон Бугера-Ламберта-Бера. Применение и возможности метода. Атомно-адсорбционная спектроскопия. Принцип метода, применение и возможности метода. Атомно-эмиссионная спектроскопия. Сущность метода, возникновение аналитического сигнала. Качественный и количественный анализ, оборудование. Применение и возможности метода.
18. Хроматографические методы анализа. Сущность метода, возникновение аналитического сигнала. Качественный и количественный анализ (способ градуировочного графика, нормировки, внутреннего стандарта). Оборудование. Применение и возможности метода.

2» **Примеры заданий контрольных работ для оценки знаний компетенции «ОПК-**

**Контрольная работа № 1 Тема: «Состояние электролитов в растворе»**

Билет 1.

1. Вычислить ионную силу ( $\mu$ ) и коэффициенты активности ( $\gamma$ ) ионов в растворе, содержащем: 0.1 M NaCl и 0.02 M  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .
2. Рассчитать мольную долю (%) всех форм слабого электролита для следующих условий:
- электролит: азотноватистая кислота,  $\text{H}_2\text{NO}_2$ ,
  - концентрация электролита: 0.1 M,
  - константы диссоциации:  $K_1 \sim 10^{-7}$ ,  $K_2 \sim 10^{-11}$ ,
  - pH раствора 5 и 10.
3. Показать на рисунке общий вид диаграммы состояния указанного выше электролита.

Билет 2.

1. Вычислить ионную силу ( $\mu$ ) и коэффициенты активности ( $\gamma$ ) ионов в растворе, содержащем: 0.01 M  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 0.02 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .
2. Рассчитать мольную долю (%) всех форм слабого электролита для следующих условий:
- электролит: тетраборная кислота,  $\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ,
  - концентрация электролита: 0.1 M,
  - константы диссоциации:  $K_1 \sim 10^{-4}$ ,  $K_2 \sim 10^{-5}$ ,
  - pH раствора 1 и 7.
3. Показать на рисунке общий вид диаграммы состояния указанного выше электролита.

**Контрольная работа № 2 Тема: «Гетерогенное равновесие»**

**Билет 1**

1. К 10 мл 0,03 M раствора  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  прилили 5 мл 0,1 M раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Сколько мг  $\text{Ba}^{2+}$  могло остаться в растворе после достижения равновесия?  $\text{PP}(\text{BaCO}_3) = 5,1 \cdot 10^{-9}$ .
2. В каком из насыщенных растворов концентрация ионов  $\text{CrO}_4^{2-}$  больше?
1.  $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$  ( $\text{PP} = 1,6 \cdot 10^{-12}$ );
  2.  $\text{BaCrO}_4$  ( $\text{PP} = 1,2 \cdot 10^{-10}$ );
  3.  $\text{PbCrO}_4$  ( $\text{PP} = 1,8 \cdot 10^{-14}$ );

4.  $\text{Hg}_2\text{CrO}_4$  ( $\text{PP}=5,0 \cdot 10^{-9}$ ).
3. Рассчитать растворимость  $\text{CaSO}_4$  с учетом влияния ионной силы, создаваемой его ионами.  $\text{PP}(\text{CaSO}_4)=2,37 \cdot 10^{-5}$ .
4. Во сколько раз растворимость  $\text{AgCl}$  в 0,01 М растворе  $\text{NH}_3$  выше растворимости в воде, если для аммиачных комплексов серебра  $\lg K_1=3,32$ ;  $\lg K_2=3,92$ .  $\text{PP}(\text{AgCl})=1,8 \cdot 10^{-10}$ .

### Билет 2

1. К 10 мл 0,03 М раствора  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  прилили 10 мл 0,2 М раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Сколько мг  $\text{Ba}^{2+}$  могло остаться в растворе после достижения равновесия?  $\text{PP}(\text{BaCO}_3)=5,1 \cdot 10^{-9}$ .
2. В каком из насыщенных растворов концентрация ионов  $\text{Ca}^{2+}$  больше?
  1.  $\text{CaSO}_4$  ( $\text{PP}=1,3 \cdot 10^{-8}$ );
  2.  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{PP}=4,8 \cdot 10^{-9}$ );
  3.  $\text{CaC}_2\text{O}_4$  ( $\text{PP}=2,3 \cdot 10^{-9}$ );
  4.  $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$  ( $\text{PP}=7,0 \cdot 10^{-7}$ ).
3. Рассчитать растворимость  $\text{CaCrO}_4$  с учетом влияния ионной силы, создаваемой его ионами.  $\text{PP}(\text{CaCrO}_4)=7,1 \cdot 10^{-4}$ .
4. Во сколько раз растворимость  $\text{AgCrO}_4$  в 0,01 М растворе  $\text{NH}_3$  выше растворимости в воде, если для аммиачных комплексов серебра  $\lg K_1=3,32$ ;  $\lg K_2=3,92$ .  $\text{PP}(\text{AgCrO}_4)=1,1 \cdot 10^{-12}$ .

### *Примеры вопросов для собеседования (устный опрос) на лабораторных занятиях для оценки знаний компетенции «ОПК-2»*

1. Что такое «раствор»?
2. Чем отличаются истинные и коллоидные растворы?
3. Что такое «насыщенный раствор»?
4. Чем отличаются разбавленные и концентрированные растворы?
5. Может ли разбавленный раствор быть насыщенным,
6. а концентрированный – ненасыщенным? Если да, приведите примеры.
7. Как приготовить пересыщенный раствор и в чем его особенности?
8. Как приготовить раствор желаемой концентрации вещества из твердого вещества и из концентрированного раствора?
9. Как приготовить раствор путем разбавления концентрированного раствора в желаемом объемном соотношении?
10. Что происходит при растворении в воде ионных соединений и веществ с полярными ковалентными связями?
11. В чем различие сильных и слабых электролитов?
12. Каковы основные положения теории Дебая-Хюккеля?
13. Что понимают под условными константами равновесия? Приведите примеры их использования в аналитических расчётах.
14. Какие факторы влияют на величину коэффициента активности и ионной силы раствора?
15. Какие растворы называются насыщенными, концентрированными и разбавленными?
16. Какие равновесия устанавливаются в насыщенном водном растворе труднорастворимого электролита? Запишите формулы для расчета констант, характеризующих эти равновесия и укажите связь между ними.
17. Что такое произведение растворимости? В чем отличие концентрационного и термодинамического произведений растворимости? Какая величина приводится в справочниках?



18. Что такое «условие образования осадка»? Как можно сделать вывод о возможности образования осадка, если известно значение ПР труднорастворимого электролита и исходные концентрации реагентов?
19. Что такое растворимость? В каких единицах она измеряется? В чем разница между молекулярной и ионной растворимостью? В каких случаях можно пренебречь молекулярной составляющей растворимости?
20. Как рассчитывается ионная растворимость по известному значению произведения растворимости для электролитов различного состава (бинарных, тринарных, тетранарных)? Как рассчитывается молекулярная растворимость?

***Примеры практических заданий для оценки умений и владений компетенции «ОПК-2»***

Каждый студент на занятии получает индивидуальную задачу. Примерный перечень экспериментальных задач приведен ниже. В конце занятия студент сдает полученный результат преподавателю. Качественные задачи допускают не более трех ошибок. В случае количественных задач студент сдает преподавателю численное значение с погрешностью. Результат должен совпадать с истинным значением в пределах 1% для титриметрических методов и 3-5% - для физико-химических методов. При наличии большого числа ошибок преподаватель разбирает со студентом причины неправильного решения и затем студент получает новую задачу аналогичного типа. По итогам работы студент оформляет отчет.

1. Обнаружить, какие анионы присутствуют в анализируемом растворе. (Для каждого студента предусматривается индивидуальная задача, в которой могут присутствовать различное количество анионов из следующего перечня:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{AsO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ).
2. Обнаружить, какие катионы присутствуют в анализируемом растворе. (Для каждого студента предусматривается индивидуальная задача, в которой могут присутствовать различное количество катионов из следующего перечня:  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Sn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ).
3. Определить массу щелочи в растворе.
4. Определить общую жесткость и содержание кальция в воде.
5. Определить содержание аскорбиновой (ацетилсалициловой) кислоты в препарате.

**6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

1. Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. № 55-ОД.
2. Положение о фонде оценочных средств, утверждённое приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 г. № 247-ОД

**7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины  
«Аналитическая химия»**

а) основная литература:

1. Никитина Н.Г., Борисов А.Г., Хаханина Т.И. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. – М.: Юрайт. – 2016. – 394 с. Доступна на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/90EB442F-2F25-4151-A05F-CD36C266691F#page/1>.
2. Борисов А.Н. Тихомирова И.Ю. Аналитическая химия. Расчеты в количественном анализе. — М.: Издательство Юрайт. – 2016. – 118 с. Доступна на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/730FA9A7-4150-444A-A614-5878CE7C04DC#page/1>.
3. Жебентяев А.И., Жерносок А.К. Аналитическая химия. Химические методы анализа. – М.: НИЦ ИНФРА-М. Мн.: Нов. Знание – 2014. – 542 с. Доступна на ЭБС «Знаниум». Режим доступа: <http://znaniium.com/bookread2.php?book=419626/>
4. Крылов В.А., Сергеев Г.М., Елипашева Е.В. Введение в хроматографические методы анализа. Часть 1. Ионный обмен и ионная хроматография. Часть 2. Практическая ионная хроматография. Учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011. 40 с. Зарегистрировано в ФОЭР ННГУ 24.10.12. Режим доступа: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Krylov1.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/Krylov1.pdf).

б) дополнительная литература:

1. Апарнев А.И., Лупенко Г.К., Александрова Т.П., Казакова А.А. Аналитическая химия. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт. – 2020. – 107 с. Доступна на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/119F0805-0EFF-4E36-B8B2-FFCD16FBF4C1#page/1>
2. Жебентяев А.И. Аналитическая химия. Хроматографические методы анализа. – М.: НИЦ Инфра-М; Мн.: Нов. Знание. – 2013. – 206 с. Доступна на ЭБС «Знаниум». Режим доступа: <http://znaniium.com/bookread2.php?book=399829/>
3. Подкорытов А.Л., Неудачина Л.К., Штин С.А. Аналитическая химия. Окислительно-восстановительное титрование. – М.: Издательство Юрайт. – 2020. – 60 с. Доступна на ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/1DBE7179-E7D7-412C-922C-840DB6B32463#page/1>

в) Интернет-ресурсы:

1. Е.Н. Дорохова, Г.В. Прохорова Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2001. 267 с. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/books/2001-2010/dorohova/all.pdf>
2. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса. МГУ, 2007. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/chrom/part1.pdf>
3. Гармаш А.В., Сорокина М.Н. Метрологические основы аналитической химии [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/garmash.pdf>,
4. Сайт научного совета по аналитической химии РАН: Режим доступа: <http://www.rusanalytchem.org>
- 5.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций укомплектованные специализированной мебелью и демонстрационным

оборудованием (доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук), экран).

Для проведения лабораторных работ по аналитической химии химический факультет и кафедра аналитической химии располагают лабораториями, оснащенными посудой, реактивами и оборудованием, необходимыми для проведения качественного и количественного анализа. Лаборатория физико-химических методов анализа оборудована газовым хроматографом Хромос-1000, фотоэлектроколориметрами КФК-2, кондуктометром № 5721, иономерами универсальными ЭВ-74, рН-метрами милливольтметрами рН-121, рН-метрами Mettler Toledo Five Easy FE 20, магнитными мешалками, плитками и другим лабораторным оборудованием. Для чтения лекций и проведения практических занятий университет располагает необходимым аудиторным фондом. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению подготовки **05.03.06 «Экология и природопользование»**.

Авторы \_\_\_\_\_ д.х.н., доц. О.В. Нипрук

Рецензент \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.х.н., проф. Крылов В.А.

**Программа одобрена** на заседании методической комиссии химического факультета от \_\_\_\_\_ 2020 года, протокол № \_\_\_\_.

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 30 августа 2020 года, протокол № 14.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института биологии и биомедицины от 6 декабря 2021, протокол № 3.