

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

А.В. Толстиков

2022 г.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Рабочая программа

для обучающихся по научной специальности 1.4.2. Аналитическая химия
форма обучения (очная)

Ларина Н.С. Аналитическая химия. Рабочая программа для обучающихся по научной специальности 1.4.2. Аналитическая химия, форма обучения очная. Тюмень, 2022.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГТ к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утверждены приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 20 октября 2021 г., № 951.

Рабочая программа дисциплины Аналитическая химия опубликована на сайте ТюмГУ: [электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.utmn.ru/sveden/education/#>.

Вид учебной работы		Всего часов (академические часы)	Часов в семестре (академические часы)
			5
Общий объем	зач. ед.	4	4
	час	144	144
Из них:			
Часы аудиторной работы (всего):		32	32
Лекции		16	16

Практические занятия	16	16
Лабораторные / практические занятия по подгруппам	0	0
Часы внеаудиторной работы, включая самостоятельную работу обучающегося	76	76
Вид промежуточной аттестации (диф. зачет, кандидатский экзамен, экзамен)	36	Кандидатский экзамен 36

4. Система оценивания

Экзамен проходит в устной форме, в билете два вопроса, аспиранту дается 60 минут на подготовку к вопросам.

Критерии оценивания ответа обучающихся на экзамене:

Оценка *«отлично»* выставляется обучающемуся, который дает полный, развернутый ответ на все поставленные вопросы, раскрывает основные положения темы; показывает умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений; ответ излагается литературным языком в научных терминах. В ответе должна быть отражена химическая картина описываемых процессов, аспирант должен знать историю развития аналитической химии, ее роль и значение в современной технической цивилизации, теоретические основы аналитической химии (методы пробоотбора, пробоподготовки различных природных и техногенных объектов, классические и современные методы анализа), уметь представить схему механизма протекающих реакций и процессов.

Оценка *«хорошо»* выставляется обучающемуся, который дает верный ответ на поставленные вопросы, раскрывает основные положения темы; показывает умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи; однако, в ответе не прослеживается четкая структура, логическая последовательность, ответ излагается недостаточно грамотно.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который дает не полный ответ на поставленные вопросы, раскрывает не все основные положения темы; в ответе не прослеживается четкая структура, логическая последовательность, ответ излагается недостаточно грамотно.

Оценка *«не удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, который дает неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях; в ответе присутствует фрагментарность, нелогичность изложения; обучающийся не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины; отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения; речь неграмотная; дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа обучающегося не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины, либо обучающийся отказывается от ответа.

5.1. Тематический план дисциплины

Таблица 2

№	Тематика учебных встреч	Объем дисциплины (модуля), час.				
		Всего	Виды аудиторной работы (в ак.час.)			Иные виды контактной работы
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные / практические занятия по подгруппам	
1	2	3	4	5	6	7
	Часов в 5 семестре	68	16	16	0	0
	Аналитическая химия	68	16	16	0	0
1	Исторический очерк развития аналитической химии	2	2	0	0	0
2	Современное состояние аналитической химии и практики химического анализа	2	2	0	0	0
3	Современное состояние аналитической химии и практики химического анализа	4	0	4	0	0
4	Современное состояние аналитической химии и практики химического анализа	2	2	0	0	0
5	Современное состояние аналитической химии и практики химического анализа	2	2	0	0	0
6	Аналитическая химия и экология	4	0	4	0	0
7	Аналитическая химия и экология	2	2	0	0	0
8	Аналитическая химия и экология	2	2	0	0	0
9	Перспективы развития аналитической химии	4	0	4	0	0
10	Перспективы развития аналитической химии	2	2	0	0	0
11	Перспективы развития аналитической химии	2	2	0	0	0
12	Перспективы развития аналитической химии	4	0	4	0	0
13	Консультация перед экзаменом	2	0	0	0	2
14	Кандидатский экзамен	34	0	0	0	34
	Итого (ак.часов)	68	16	16	0	36

5.2. Содержание дисциплины по темам

Темы лекционных занятий:

1. Исторический очерк развития аналитической химии

История становления аналитической химии, как науки и ее развитие в современную эпоху. Основные понятия аналитической химии. Классификации используемых методов. Основные проблемы современной науки и способы их решения на современном этапе.

Основные задачи химического анализа и его роль в развитии химических наук (неорганической и органической химии, физической химии, кристаллохимии, биохимии),

различных отраслей промышленности, сельского хозяйства, медицины. Основные этапы развития теоретических представлений и практических методов аналитической химии. Развитие приборной базы. Развитие качественного, количественного и структурного анализа.

2. Современное состояние аналитической химии и практики химического анализа

Современные теоретические основы химического анализа с учетом достижений в различных областях химии (химическая термодинамика, химическая кинетика, строение вещества).

Совершенствование приемов и методов (использование автоматизированных приборов, информационных технологий, вычислительной техники) основных видов инструментального химического анализа: спектральных, дифрактометрических, хроматографических, электрохимических и др.

Вопросы становления и развития аналитической химии, классификация методов, значимость каждой стадии анализа природных и техногенных объектов. Ознакомление с ГОСТами и другими нормативными документами по вопросам пробоотбора и пробоподготовки проб различного состава. Работа с литературой и интернет ресурсами. Совершенствование приемов и методов (использование автоматизированных приборов, информационных технологий, вычислительной техники) основных видов инструментального химического анализа: спектральных, дифрактометрических, хроматографических, электрохимических и др.

Новые объекты химического анализа: геологические объекты, продукты металлургической промышленности, вещества особой чистоты, полупроводниковые материалы, природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры, биологические и медицинские объекты, объекты окружающей среды. Особенности химического анализа объектов различной природы.

3. Аналитическая химия и экология

Химическое загрязнение окружающей среды. Основные разновидности химических загрязнителей и их источники. Задачи контроля характера и уровня химического загрязнения окружающей среды. Современные методы химического анализа объектов окружающей среды: воздуха, природных вод, почв. Особенности химического анализа в аккредитованных лабораториях.

Организация и структура мониторинга химического состояния окружающей среды. Виды мониторинга: глобальный, региональный, локальный. Мониторинг загрязнений и источников загрязнения. Средства реализации мониторинга: стационарные станции, передвижные посты, аэрокосмические системы, автоматизированные системы. Единая государственная система экологического мониторинга России (ЕГСЭМ).

Основные разновидности химических загрязнителей и их источники. Задачи контроля характера и уровня химического загрязнения окружающей среды. Современные методы химического анализа объектов окружающей среды: воздуха, природных вод, почв. Особенности химического анализа в аккредитованных лабораториях. Организация и структура мониторинга химического состояния окружающей среды. Виды мониторинга: глобальный, региональный, локальный.

4. Перспективы развития аналитической химии

Основные тенденции развития аналитической химии. Теоретические проблемы: необходимость углубления представлений в области строения и реакционной способности химических веществ.

Практические проблемы: необходимость повышения точности, чувствительности, селективности методик химического анализа, расширения электронных баз данных, совершенствования методов автоматической электронной обработки аналитического сигнала.

Перспективы разработки новых инструментальных методов и обеспечения их приборной базой, реактивами и расходными материалами. Развитие сети ЦКП.

Перспективы применения методов аналитической химии для развития химического материаловедения, химической кинетики, катализа, нефтехимии, нанохимии, биохимии.

Темы семинарских занятий:

Тема 2. Современное состояние аналитической химии и практики химического анализа

Современные теоретические основы химического анализа с учетом достижений в различных областях химии (химическая термодинамика, химическая кинетика, строение вещества).

Совершенствование приемов и методов (использование автоматизированных приборов, информационных технологий, вычислительной техники) основных видов инструментального химического анализа: спектральных, дифрактометрических, хроматографических, электрохимических и др.

Новые объекты химического анализа: геологические объекты, продукты металлургической промышленности, вещества особой чистоты, полупроводниковые материалы, природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры, биологические и медицинские объекты, объекты окружающей среды. Особенности химического анализа объектов различной природы

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить основные разновидности инструментального химического анализа.
2. Охарактеризовать возможности современных методов качественного и элементного анализа. Указать их основные преимущества и ограничения.
3. Охарактеризовать возможности современных методов количественного анализа. Указать их основные преимущества и ограничения.
4. Охарактеризовать возможности современных методов структурного анализа. Указать их основные преимущества и ограничения.
5. Охарактеризовать роль электронных баз данных в современной аналитической химии.
6. Охарактеризовать современные методы электронной обработки аналитического сигнала.

Тема 3. Аналитическая химия и экология

Химическое загрязнение окружающей среды. Основные разновидности химических загрязнителей и их источники. Задачи контроля характера и уровня химического загрязнения окружающей среды. Современные методы химического анализа объектов окружающей среды: воздуха, природных вод, почв. Особенности химического анализа в аккредитованных лабораториях.

Организация и структура мониторинга химического состояния окружающей среды. Виды мониторинга: глобальный, региональный, локальный. Мониторинг загрязнений и источников загрязнения. Средства реализации мониторинга: стационарные станции, передвижные посты, аэрокосмические системы, автоматизированные системы. Единая государственная система экологического мониторинга России (ЕГСЭМ).

Основные разновидности химических загрязнителей и их источники. Задачи контроля характера и уровня химического загрязнения окружающей среды. Современные методы химического анализа объектов окружающей среды: воздуха, природных вод, почв. Особенности химического анализа в аккредитованных лабораториях. Организация и структура мониторинга химического состояния окружающей среды. Виды мониторинга: глобальный, региональный, локальный.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить основные разновидности химических загрязнителей природных сред.
2. Перечислить основные источники химических загрязнителей природных сред.

3. Охарактеризовать возможности современных методов химического анализа объектов окружающей среды. Указать их основные преимущества и ограничения.

4. Охарактеризовать основные виды химического мониторинга загрязнений и их источников.

Тема 4. Перспективы развития аналитической химии

Основные тенденции развития аналитической химии. Теоретические проблемы: необходимость углубления представлений в области строения и реакционной способности химических веществ. Практические проблемы: необходимость повышения точности, чувствительности, селективности методик химического анализа, расширения электронных баз данных, совершенствования методов автоматической электронной обработки аналитического сигнала. Перспективы разработки новых инструментальных методов и обеспечения их приборной базой, реактивами и расходными материалами. Развитие сети ЦКП.

Перспективы применения методов аналитической химии для развития химического материаловедения, химической кинетики, катализа, нефтехимии, нанохимии, биохимии.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить перспективные направления развития теоретических основ аналитической химии (строение и реакционная способность химических веществ).

2. Перечислить перспективные направления развития в области аналитического приборостроения.

3. Охарактеризовать трудности и проблемы в развитии областей науки и техники, связанные с недостаточной эффективностью методов химического анализа.

4. Перечислить перспективные направления развития в области спектральных методов анализа.

5. Перечислить перспективные направления развития в области дифракционных методов анализа.

6. Перечислить перспективные направления развития в области хроматографических методов анализа.

7. Перечислить перспективные направления развития в области электрохимических спектральных методов анализа.

6. Учебно-методическое обеспечение и планирование самостоятельной работы обучающихся

Таблица 3

№	Темы	Формы СРС, включая требования к подготовке к занятиям
1	Исторический очерк развития аналитической химии	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Подготовка презентации и доклада.
2	Современное состояние аналитической химии и практики химического анализа	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка презентации и доклада.
3	Аналитическая химия и экология	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка презентации и доклада.

4	Перспективы развития аналитической химии	Чтение обязательной и дополнительной литературы. Проработка лекций. Подготовка презентации и доклада. Самостоятельное изучение заданного материала
---	--	--

Формы контроля самостоятельной работы:

- чтение обязательной и дополнительной литературы – проверка и анализ конспектов лекций и учебной литературы, устные опросы и контрольные задания, доклады в виде презентаций на практических занятиях;
- подготовка презентаций и докладов – заслушивание и обсуждение устных докладов, сообщений, выступлений.

7. Промежуточная аттестация по дисциплине

7.1 Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Виды и характеристика оценочных средств

По окончании курса обучающимися сдается кандидатский экзамен, который проводится в форме собеседования. Собеседование имеет целью выявление уровня освоения дисциплины, характеризующего знания обучающегося в соответствии с определенными компетенциями. Экзамен принимается предметной комиссией, состоящей из 3 специалистов в области химических наук. Экзаменационные билеты содержат 2 вопроса. Процедура проведения экзамена предусматривает дополнительные вопросы. Результаты экзамена оцениваются по пятибалльной системе.

Вопросы к кандидатскому экзамену:

1. Предмет, цели и задачи аналитической химии. Организация аналитической службы, ее функции. Виды химического анализа.
2. Методы аналитической химии, их классификация. Основные характеристики методов. Факторы, которые следует принять во внимание при выборе метода анализа.
3. Параметры, исследуемые в процессе валидации методики. Схема процесса валидации методики. Содержание понятие «надлежащая лабораторная практика» и способы ее достижения. Меры, позволяющие обеспечить качество аналитических результатов.
4. Титриметрические методы, классификация. Приемы титрования. Кривые титрования. Точка эквивалентности, конечная точка титрования и методы ее индикации.
5. Кислотно-основное равновесие. Использование протолитической теории для описания равновесий. Константы кислотности и основности. Буферные растворы. Кислотно-основное титрование. Первичные стандартные растворы для установления концентрации растворов кислот и щелочей. Кривые титрования для одно- и многоосновных систем. Кислотно-основные (pH) индикаторы.
6. Окислительно-восстановительное равновесие. Уравнение Нернста. Стандартные и реальные (формальные) потенциалы. Константы равновесия. Направление протекания окислительно-восстановительных реакций. Окислительно-восстановительное титрование. Кривые титрования. Окислительно-восстановительные (редокс) индикаторы.
7. Комплексообразование. Типы комплексных соединений, используемых в химическом анализе. Ступенчатое комплексообразование. Константы устойчивости. Комплексометрическое титрование. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Металлохромные индикаторы.
8. Процессы осаждения-растворения. Равновесия в системе жидкость - твердая фаза. Растворимость. Произведение растворимости. Условия полного осаждения и растворения осадков. Гравиметрические методы. Требования, предъявляемые к осадкам. Важнейшие

неорганические и органические осадители. Осадительное титрование. Кривые титрования. Методы индикации конечной точки титрования. Индикаторы, применяемые в методах осадительного титрования.

9. Термические методы. Термические эффекты как причина или следствие химических реакций, фазовых и структурных превращений. Прямые термические методы анализа. Энтальпиметрия (калориметрия), термический анализ, термогравиметрия, катарометрия.

10. Электрохимические методы, их классификация. Основные процессы, протекающие на электродах в электрохимической ячейке. Потенциометрия. Прямые и косвенные потенциометрические методы. Ионметрия. Типы ионселективных электродов и их характеристики. Ферментные и газочувствительные электроды.

11. Кондуктометрия. Эквивалентная и удельная электропроводность. Подвижность ионов. Низкочастотная кондуктометрия: прямой метод и кондуктометрическое титрование.

12. Кулонометрия. Прямая потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия. Кулонометрическое титрование. Электрогравиметрия. Электролиз при контролируемом потенциале и при заданной величине тока. Применение электролиза для разделения компонентов смеси и их количественного определения.

13. Вольтамперометрия. Характеристики вольтамперограмм, используемые для изучения и определения органических и неорганических соединений. Инверсионная вольтамперометрия и ее применение в анализе. Прямые и косвенные вольтамперометрические методы.

14. Сорбционные методы. Классификация по механизму взаимодействия вещества с сорбентом, способу осуществления процесса, геометрическим признакам неподвижной фазы. Количественное описание сорбционных процессов. Сорбенты.

15. Газо-жидкостная хроматография. Требования к носителям и неподвижным жидким фазам. Влияние природы жидкой фазы и разделяемых веществ на эффективность разделения.

16. Газовая хроматография. Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) хроматография. Изотермы адсорбции. Требования к газам-носителям и адсорбентам. Влияние температуры на удерживание и разделение. Детекторы.

17. Высокоэффективная капиллярная газовая хроматография.

18. Ионообменная хроматография. Неорганические и органические ионообменники и их свойства. Комплексообразующие ионообменники. Кинетика и селективность ионного обмена.

19. Методы разделения и концентрирования, их классификация. Процессы и реакции, лежащие в основе методов. Термодинамические и кинетические характеристики разделения и концентрирования. Экстракция. Основные количественные характеристики: константа распределения, коэффициент распределения, константа экстракции, фактор разделения. Классификация экстракционных процессов.

20. Спектрофотометрия. Электронные спектры и энергетические переходы в молекулах. Способы монохроматизации светового потока. Пути повышения избирательности определения. Способы определения концентрации веществ. Спектрофотометрическое титрование.

21. Методы атомной оптической спектроскопии. Атомные спектры эмиссии, поглощения и флуоресценции. Резонансное поглощение. Самопоглощение, ионизация. Аналитические линии.

22. Атомно-абсорбционная спектрометрия. Источники излучения. Пламенная атомизация. Характеристики пламени и их выбор. Электротермическая атомизация. Способы подготовки пробы.

23. Методы молекулярной оптической спектроскопии. Молекулярные спектры поглощения, испускания. Основные законы светопоглощения и испускания. Поляризация и оптическая активность.

24. Методы рентгеноспектрального анализа (РСА), их классификация. Основные свойства и характеристики рентгеновского излучения. Закон Мозли. Зависимость выхода

рентгеновской флуоресценции от атомного номера элемента. Факторы, определяющие интенсивность флуоресценции.

25. Абсорбционный рентгеноспектральный анализ. Поглощение рентгеновского излучения. Зависимость коэффициента поглощения от атомной массы и порядкового номера элемента.

26. Атомно-флуоресцентная спектроскопия. Способы возбуждения атомов. Люминесцентные методы. Виды люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Основные закономерности молекулярной люминесценции. Тушение люминесценции.

27. Масс-спектрометрия. Основные способы образования ионов. Изотопное разбавление в масс-спектрометрии. Локальный и послыйный анализ. Хромато-масс-спектрометрия. Типы масс-анализаторов: динамические, статические, времяпролетные.

28. Методы магнитного резонанса ядер и электронов. Магнитно-дипольные переходы. Механизмы релаксации: спин-решеточная и спин-спиновая релаксация. Гиромагнитное отношение.

29. ЯМР-спектроскопия: магнитный момент ядра и его взаимодействие с магнитным полем; реализация магнитного резонанса; химический сдвиг и спин-спиновое взаимодействие.

30. ЭПР-спектроскопия: положение резонансного сигнала и g-фактора; электрон-ядерное, электрон-электронное взаимодействие и сверхтонкая структура спектра ЭПР.

31. ИК- и Рамановская (комбинационного рассеяния) спектроскопия. Колебательные и вращательные спектры. Спектроскопия внутреннего отражения. Спектроскопия с нарушенным полным внутренним отражением. Поглощение в микроволновой области.

32. Радиохимические методы: методы радиоактивных индикаторов и изотопного разбавления.

33. Биологические методы. Индикаторные организмы, их типы. Аналитический сигнал и способы его регистрации. Определение физиологически неактивных соединений (химико-биологические методы).

34. Биохимические методы. Ферментативные индикаторные реакции. Химическая природа и структура ферментов. Имобилизованные ферменты. Биосенсоры и ферментные электроды. Сущность иммунных методов. Методы регистрации аналитического сигнала в биохимических и иммунных методах.

35. Новые объекты химического анализа: геологические объекты, продукты металлургической промышленности, вещества особой чистоты, полупроводниковые материалы, природные и синтетические органические вещества и элементоорганические соединения, полимеры, биологические и медицинские объекты, объекты окружающей среды. Особенности химического анализа объектов различной природы.

36. Химическое загрязнение окружающей среды. Основные разновидности химических загрязнителей и их источники.

37. Задачи контроля характера и уровня химического загрязнения окружающей среды.

38. Современные методы химического анализа объектов окружающей среды: воздуха, природных вод, почв.

40. Организация и структура мониторинга химического состояния окружающей среды. Виды мониторинга: глобальный, региональный, локальный. Мониторинг загрязнений и источников загрязнения.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Основная литература:

1. Будников, Г. К. Методы и достижения современной аналитической химии [Электронный ресурс] / Будников Г. К., Вершинин В. И., Евтюгин Г. А., Карцова Л. А., Лебедев А. Т., Мазур Д. М., Майстренко В. Н., Проскурнин М. А., Пупышев А. А., Шеховцова Т. Н., Шпигун О. А., Яшкин С. Н. 2-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 588 с. ISBN 978-5-8114-7962-7.

2. Аналитическая химия. Методы разделения веществ и гибридные методы анализа : учебник / А. А. Ганеев, И. Г. Зенкевич, Л. А. Карцова [и др.] ; под редакцией Л. Н. Москвина. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 332 с. — ISBN 978-5-8114-3394-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113899> (дата обращения: 5.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе : издание второе, переработанное и дополненное. учебное пособие / Н. Г. Ярышев, Ю. Н. Медведев, М. И. Токарев [и др.]. Физические методы исследования и их практическое применение в химическом анализе, 2024-10-01. Москва : Прометей, 2015. 196 с. ISBN 978-5-9906134-6-1.2.

4. Аналитическая химия: химические методы анализа : учебник / Е. Г. Власова, А. Ф. Жуков, И. Ф. Колосова [и др.] ; под редакцией О. М. Петрухина, Л. Б. Кузнецовой. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 467 с. — ISBN 978-5-93208-502-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166725> (дата обращения: 05.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8.2. Дополнительная литература:

1. Основы аналитической химии: учебник для студентов вузов, обучающихся по химическим направлениям: в 2 т. / под ред. Ю. А. Золотова. Москва: Академия. (Высшее образование). (Естественные науки). ISBN 978-5-4468-0516-7: Б.г. Т. 1. 2014. - 400 с. ISBN 978-5-4468-0517-4.

2. Основы аналитической химии: учебник для студентов вузов, обучающихся по химическим направлениям: в 2 т. / под ред. Ю. А. Золотова. Москва: Академия. (Высшее образование). (Естественные науки). ISBN 978-5-4468-0516-7: Б.г. Т. 2. 2014. - 416 с. ISBN 978-5-4468-0518-1

3. Атомно-абсорбционный анализ : учебное пособие / А. А. Ганеев, С. Е. Шолупов, А. А. Пупышев, А. А. Большаков. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-1117-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4028> (дата обращения: 5.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Молекулярно-абсорбционный метод анализа органических веществ : учебно-методическое пособие / Е. В. Черданцева, И. В. Гейде, В. Г. Китаева, В. М. Зыскин ; под редакцией И. В. Гейде, научный редактор Н. П. Бельская. — Екатеринбург : УрФУ, 2015. — 96 с. — ISBN 978-5-7996-1567-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/98423> (дата обращения: 5.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Исидоров, В. А. Экологическая химия : учебное пособие для вузов / В. А. Исидоров. Экологическая химия, 2025-06-24. Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2022. 304 с. ISBN 978-5-93808-390-5.

6. Лефедова, О. В. Молекулярная спектроскопия : учебно-методическое пособие / О. В. Лефедова, С. А. Шлыков. — Иваново : ИГХТУ, 2016. — 95 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/96110> (дата обращения: 5.01.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7. Топалова, О.В. Химия окружающей среды [Электронный ресурс] / Топалова О. В., Пимнева Л. А. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 160 с. ISBN 978-5-8114-8730-1.

8. Умарова, Н. Н. Введение в хеометрику : учебно-методическое пособие / Н. Н. Умарова, Н. И. Валеева. Введение в хеометрику, 2025-04-18. Казань : Издательство КНИТУ, 2020. 116 с. ISBN 978-5-7882-2843-3.

8.3 Интернет-ресурсы:

<http://e-library.ru>

<http://e.lanbook.com>

<http://chemistry-chemists.com/Uchebniki.html>
<http://chemport.ru/>
<http://www.anchem.ru>
<http://knigozilla.ru/9266-analiticheskaja-khimija..html>
<http://www.nofollow.ru/detail106408.htm>
http://techbiblio.ru/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=149&Itemid=31

0

<http://nehudlit.ru/books/detail7514.html>
http://web-local.rudn.ru/web-local/disc/disc_4328/
<http://archive.neicon.ru/xmlui/> Архив научных журналов

Базы данных:

ProQuest Agricultural and Environmental Science Collection. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России».

https://search.proquest.com/agricenvironm/index?_ga=2.92522845.150505985.1512556501-895488264.1510822050

American Chemical Society. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://www.acs.org/content/acs/en.html>

Cambridge University Press. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://www.cambridge.org/core>

Royal Society of Chemistry. «ФГБУ Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://pubs.rsc.org/>

Журналы издательства Wiley. ФГБУ «Государственная публичная научно-техническая библиотека России». <https://onlinelibrary.wiley.com>

Clarivate Analytics – Web of Science Core Collection. Государственная публичная научно-техническая библиотека России».

https://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=C2ivzMxspGLnBiQvQWN&preferencesSaved=

Межвузовская электронная библиотека (МЭБ). <https://icdlib.nspu.ru/>

Национальная электронная библиотека. <https://rusneb.ru/>

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Лицензионное ПО:

Платформа для электронного обучения Microsoft Teams:

Свободно распространяемое ПО, в том числе отечественного производства:

Использование типовых компьютерных программ (Excel, Word, PowerPoint) для решения вычислительных задач, составления отчетов и презентаций.

10. Технические средства и материально-техническое обеспечение дисциплины

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа оснащена следующими техническими средствами обучения и оборудованием: учебная мебель, доска аудиторная, мультимедийное проекционное и акустическое оборудование, персональный компьютер.

Для самостоятельной работы аспирантов необходим доступ в компьютерный класс, имеющий выход в Интернет.

11. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям лиц с ограниченными возможностями

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) могут предлагаться одни из следующих вариантов восприятия информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

12. Методические рекомендации обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Регулярное чтение выпусков научных обзорных журналов по аналитической и экологической химии (Аналитическая химия, Chemosphere, Environmental Science & Technology, Trends in Environmental Analytical Chemistry, Аналитика и Контроль, Экология и промышленность России, Вестник Томского политехнического университета, Geo Assets Engineering, Теоретическая и прикладная экология, Вестник Томского университета, Известия ВУЗов. Химия и химическая технология, Известия РАН. Серия химическая, Экологическая химия и др.).

Самостоятельное планирование и исследований в области исследования объектов окружающей среды с помощью современных инструментальных методов и подходов.

Качество освоения учебного материала оценивается по умению аспиранта использовать теоретические знания при выполнении практических задач, по степени проработанности всех аспектов задания, оформлению материала, соблюдению установленных сроков представления работы на проверку, степени самостоятельности, творческой активности, наличию элементов новизны и оригинальности подхода при выполнении заданий.