Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова факультет Почвоведения

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана	П.В.Красильников
	/
« <u> </u> »	20 г
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ Наименование дисциплины:	
«МЕТОДЫ АТОМНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИСС	ЛЕДОВАНИЯХ»
Уровень высшего образования:	
Магистратура	
Направление подготовки (специальность): 05.04.06 Экология и природопользование	
Направленность (профиль) ОПОП:Экологический менеджмент и экобезопасность	
Форма обучения: очная	
Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической факультета почвоведения (протокол N_2 , дата	

Рабочая	программа	дисциплины	разработана	а в	соответствии	c	самостоятельно
установле	енным МГУ	образовательны	ім стандарто	ом (ОС	С МГУ) для реа	лизу	емых основных
професси	ональных об	разовательных	программ	высше	его образовани	я по	направлению
подготові	ки 06.03.02/06	.04.02 Почвовед	ение програ	имы м	агистратуры		

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от ______ 20__ года (протокол №___).

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО: вариативная часть, блок профессиональной подготовки.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП:

вариативная часть

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Математика

Биология

Химия

Общая химия

3. Планируемые результаты обучения в результате освоения дисциплины, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников:

Компетенции	Индикаторы (показатели)	Планируемые результаты обучения по
выпускников	достижения компетенций	дисциплине, сопряженные с
(коды)		компетенциями
ПК-1	УК-1	Знает: Основные принципы работы,
ПК-2	УК-3	устройство приборов: атомно-
ПК-4	Владение современными	абсорбционных спектрометров (ААС),
ПК-5	физико-химическими	масс-спектрометров и оптических
	инструментальными	эмиссионных спектрометров с
	методами качественного и	индкутивно-связанной плазмой (ИСП-
	количественного анализа	МС и ИСП-ОЭС,
	веществ в природных	рентгенфлюоресцентных спектромтеров
	объектах.	(РФС).
	Умение выбирать методы	Умеет: Планировать лабораторные
	химического анализа и	исследования природных образцов
	способы представления	методами атомной спектрометрии.
	результатов для оценки	Владеет: Методиками проведения
	природных объектов,	химических исследований природных
	способность организовать	объектов. Анализом результатов
	работу по контролю за	исследований природных объектов
	экологическим состоянием	методами атомной сипектрометрии.
	природных объектов.	Имеет опыт деятельности в области
		количественного определения элементов
		методами ААС ИСП-ОЭС, ИСП-МС и
		РФА в почвенных и водных образцах.
		Изучения передового отечественного и
		зарубежного опыта анализа методами
		атомной спектрометрии.

- **4. Объем дисциплины** составляет 54 (2 з.е.) в академических часах, в том числе 24 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции), 30 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.
- **5. Формат обучения:** лекции с использованием средств дистанционного сопровождения учебного процесса, самостоятельная работа обучающихся.

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

		В том числе							
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины / форма текущей аттестации		Контактная работа					Самостоятельная работа обучающегося		
		(работа во взаимодействии с преподавателем), часы						T	
	Всего (часы)	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (семинары)	Занятия семинарского типа (лабораторные)	Занятия семинарского типа (практические)	Всего	Подготовка докладов	Анализ литературы	Всего
Раздел 1. Введение.									
Определение основных	3	2	0	0	0	2	0	1	1
понятий и терминов.									
Форма текущей					Контрольн	ая работа			
аттестации по разделу		1	1	1	- F	. F		T	T
Раздел 2. Основные принципы атомно-	5	2	0	0	0	2	0	3	3
абсорбционной спектрометрии.									
Форма текущей аттестации по разделу		Контрольная работа							
Раздел 3. Основные компоненты атомно-абсорбционного спектрометра.	5	2	0	0	0	2	0	3	3
Форма текущей аттестации по разделу		Контрольная работа							
Раздел 4. Атомизаторы в атомно-	5	2	0	0	0	2	0	3	3

абсорбционном									
анализе.									
Форма текущей									
аттестации по разделу	Контрольная работа								
Раздел 5.									
Непламенная									
атомизация.	5	2	0	0	0	2	0	3	3
Электротермический									
атомизатор.									
Форма текущей					Various	0.4 moleomo			
аттестации по разделу					Контрольна	ая раоота			
Раздел 6. Гидридная									
техника. Метод	5	2	0	0	0	2	0	3	3
холодного пара.									
Форма текущей	Контрольная работа								
аттестации по разделу					контрольна	ая раоота			
Раздел 7. Помехи в									
ААС. Способы их	5	2	0	0	0	2	0	3	3
устранения.									
Форма текущей					Контрольна	ag nañora			
аттестации по разделу					Контрольно	ая раоота			
Раздел 8. Основы									
рентгенфлуоресцентног	4	2	0	0	0	2	0	2	2
о анализа.									
Форма текущей	Контрольная работа								
аттестации по разделу	контрольная расота								T
Раздел 9. Анализ									
природных объектов.	4	2	0	0	0	2	0	2	2
Подготовка проб для	·	2				2	O	_	_
РФА.									
Форма текущей	Контрольная работа								
аттестации по разделу									

Раздел 10. Основы метода масс- спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.	8	4	0	0	0	4	0	4	4
Форма текущей аттестации по разделу					Контрольн	ая работа			
Раздел 11. Основы оптической эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.	5	2	0	0	0	2	0	3	3
Форма текущей аттестации по разделу	Контрольная работа								
Промежуточная аттестация	Зачет								
Итого:	54 24 30								

Содержание дисциплины по разделам и темам.

РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ И ТЕРМИНОВ.

Предпосылки к использованию методов атомной спектрометрии для анализа природных объектов. История развития методов атомной спектрометрии. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом. Общая схема аналитического процесса при спектральном анализе. Краткий сравнительный обзор методов атомной спектрометрии.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ. Поглощение и излучение энергии свободными атомами. Условия Уолша. Принципиальные схемы спектрометров. Модуляция излучения. Однолучевая схема.

Двулучевая схема. Многоэлементные схемы.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА.

Источники света в атомно-абсорбционном анализе. Лампы с полым катодом. Высокочастотные безэлектродные лампы. Монохроматоры в атомно-абсорбционном анализе. Оптические схемы монохроматоров. Детекторы в атомно-абсорбционном анализе. Фотоумножители и полупроводниковые детекторы.

РАЗДЕЛ 4. АТОМИЗАТОРЫ В АТОМНО-АБСОРБЦИОННОМ АНАЛИЗЕ.

Пламенная атомизация. Пламёна. Горелки. Распылители. Распылительные камеры. Оптимизация пламенного атомизатора. Метрологические характеристики пламенной ААС. Применимость пламенной атомизации при определении различных химических элементов в природных объектах.

РАЗДЕЛ 5. НЕПЛАМЕННАЯ АТОМИЗАЦИЯ.

Электротермический атомизатор. Графитовые кюветы. Платформы Львова. Концепция STPF. Температурная программа. Модификаторы матрицы. Метрологические характеристики электротермической AAC. Применимость электротермической атомизации при определении различных химических элементов в природных объектах.

РАЗДЕЛ 6. ГИДРИДНАЯ ТЕХНИКА. МЕТОД ХОЛОДНОГО ПАРА.

Устройство и принцип работы AAC с гидридной техникой. Определение ртути методом холодного пара. Метрологические характеристики. Особенности анализа природных объектов.

РАЗДЕЛ 7. ПОМЕХИ В ААС. СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ.

Химические помехи; ионизационные помехи; матричный эффект; эмиссионные помехи; спектральные помехи; фоновое (неселективное) поглощение. Способы их устранения. Особенности определения отдельных химических элементов в природных объектах.

РАЗДЕЛ 8. ОСНОВЫ РЕНТГЕНФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА.

Возникновение рентгеновского излучения. Возникновение флуоресценции. Устройство оборудования. Источники рентгеновского излучения. Монохроматоры. Детекторы.

РАЗДЕЛ 9. ПОДГОТОВКА ПРОБ ДЛЯ РФА.

Особенности анализа природных объектов. Принципы проведения количественного анализа. РФА с полным внешним отражением. Метрологические характеристики метода РФА, помехи и методы борьбы с ними.

РАЗДЕЛ 10. ОСНОВЫ MACC-СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ.

Разделение ионов в магнитном поле. Принципиальная схема масс-спектрометра. Вакуумная система. Вакуумный интерфейс. Системы ввода проб. Распылители. Плазма. РЧ — генератор. Плазменная горелка. Ионные линзы. Масс-фильтры. Квадруполь. Помехи в масс-спектрометрии и способы их устранения. Полиатомные интерференции. Реакционно-коллизионная ячейка и её использование.

РАЗДЕЛ 11. ОСНОВЫ ОПТИЧЕСКОЙ ЭМИССИОННОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ С ИНДУКТИВНО-СВЯЗАННОЙ ПЛАЗМОЙ.

Устройство прибора. Принцип метода. Аналитические возможности. Помехи и способы и устранения.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине:

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля:

Примерный список вопросов для семинаров;

Семинар 1. Определение основных понятий и терминов. Основные принципы атомно-абсорбционной спектрометрии. Основные компоненты атомно-абсорбционного спектрометра. Атомизаторы в атомно-абсорбционном анализе.

Электромагнитное излучение и его характеристики. Волновая природа электромагнитного излучения. Корпускулярная природа электромагнитного излучения. Преломление, рассеяние и поглощение электромагнитного излучения. Области электромагнитного спектра и спектрометрические методы анализа, их использующие. Оптическая спектрометрия. Принципиальная схема оптического спектрометра. Монохроматоры, их виды и компоненты. Дисперсия и разрешающая способность монохроматора. Спектральная ширина светового потока.

<u>Семинар 2. Основы метода атомно-абсорбционной спектрометрии. Устройство пламенного атомно-абсорбционного спектрометра.</u>

Поглощение и излучение энергии свободными атомами. Условия Уолша. Принципиальные схемы спектрометров. Модуляция излучения. Однолучевая схема. Двулучевая схема. Многоэлементные схемы. Источники света в атомноабсорбционном анализе. Лампы с полым катодом. Высокочастотные безэлектродные лампы. Монохроматоры в атомно-абсорбционном анализе. Оптические схемы монохроматоров. Детекторы в атомно-абсорбционном анализе. Фотоумножители и полупроводниковые детекторы. Пламенная атомизация. Пламёна. Распылители. Распылительные камеры. Оптимизация пламенного атомизатора. Метрологические характеристики пламенной AAC. Способы чувствительности анализа. Применимость пламенной атомизации при определении различных химических элементов в природных объектах. Градуировочная зависимость и принципы её получения.

Семинар 3. Атомно-абсорбционная спектрометрия с непламенной атомизацией.

Электротермический атомизатор. Графитовые кюветы. Платформы Львова. Концепция Температурная Модификаторы STPF. программа. матрицы. Метрологические характеристики электротермической AAC. Применимость электротермической атомизации при определении различных химических элементов в природных объектах. Устройство и принцип работы ААС с гидридной техникой. Определение ртуги методом холодного пара. Метрологические характеристики. Особенности анализа природных объектов.

<u>Семинар 4. Помехи в атомно-абсорбционном анализе. Атомно-абсорбционная спектрометрия высокого разрешения с источником излучения сплошного спектра.</u>

Химические помехи; ионизационные помехи; матричный эффект; эмиссионные помехи; спектральные помехи; фоновое (неселективное) поглощение. Коррекция неселективного поглощения с помощью источника сплошного спектра, эффектов Зеемана и Смита-Хифтье.

Недостатки традиционной конструкции атомно-абсорбционного спектрометра и предпосылки появления атомно-абсорбционной спектрометрия высокого разрешения. Принципиальные отличия от традиционной схемы. Особенности конструкции.

Семинар 5. Основы рентгенфлуоресцентной спектрометрии.

Возникновение рентгеновского излучения. Возникновение флуоресценции. Устройство оборудования. Источники рентгеновского излучения. Монохроматоры. Детекторы.

РФА с полным внешним отражением. Принципы проведения количественного анализа.. Метрологические характеристики метода РФА, помехи и методы борьбы с ними. Особенности анализа природных объектов

Семинар 6. Основы масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Разделение ионов в магнитном поле. Принципиальная схема масс-спектрометра. Вакуумная система. Вакуумный интерфейс. Системы ввода проб. Распылители. Плазма. РЧ — генератор. Плазменная горелка. Масс-фильтры. Квадруполь. Помехи в масс-спектрометрии и способы их устранения. Полиатомные интерференции. Коллизионная ячейка. Дискриминация по кинетической энергии. Перенос заряда.

Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

- 1. Электромагнитное излучение и его характеристики.
- 2. Электромагнитное излучение и его взаимодействие с веществом.
- 3. Области электромагнитного спектра и спектрометрические методы анализа, их использующие.
- 4. Общая схема аналитического процесса при спектральном анализе.
- 5. Принципиальная схема оптического спектрометра.
- 6. Монохроматоры, их виды и компоненты.
- 7. Дисперсия и разрешающая способность монохроматора. Спектральная ширина светового потока.
- 8. Поглощение и излучение энергии свободными атомами.
- 9. Принцип атомно-абсорбционного анализа. Условия Уолша.
- 10. Принципиальные схемы атомно-абсорбционных спектрометров.
- 11. Источники света в атомно-абсорбционном анализе.
- 12. Монохроматоры в атомно-абсорбционном анализе.
- 13. Детекторы излучения в атомно-абсорбционном анализе.
- 14. Пламенна, горелки и распылители. в атомно-абсорбционном анализе.
- 15. Применимость пламенной атомизации при определении различных химических элементов в природных объектах.
- 16. Градуировочная зависимость в атомно-абсорбционном анализе и принципы её получения.
- 17. Устройство электротермического анализатора.
- 18. Температурная программа графитовой печи. Её оптимизация.
- 19. Модификаторы матрицы в электротермическом атомно-абсорбционном анализе.
- 20. Особенности использования ААС с электротермической атомизацией при анализе природных объектов.
- 20. Атомно-абсорбционная спектрометрия с генерацией гидридов. Особенности её использования при анализе природных объектов.
- 21. Определение ртути методом атомно-абсорбционной спектрометрии холодного пара. Особенности анализа природных объектов.
- 22. Химические помехи в атомно-абсорбционном анализе и способы их устранения.
- 23. Ионизационные помехи в атомно-абсорбционном анализе и способы их устранения.
- 24. Матричный эффект в атомно-абсорбционном анализе и способы его устранения.
- 25. Эмиссионные помехи в атомно-абсорбционном анализе и способы их устранения.
- 26. Спектральные помехи в атомно-абсорбционном анализе и способы их устранения.
- 27. Фоновое (неселективное) поглощение и его коррекция.
- 28. Возникновение рентгеновского излучения.
- 29. Возникновение рентгеновской флуоресценции.
- 30. Устройство оборудования для рентгенофлуоресцентного анализа.
- 31. Источники рентгеновского излучения.
- 32. Монохроматоры и детекторы для рентгенофлуоресцентного анализа.

- 33. РФА с полным внешним отражением.
- 34. Прообоподготовка для рентгенофлуоресцентного анализа.
- 35. Особенности анализа природных объектов методом РФА.
- 36. Помехи и источники ошибок в РФА.
- 37. Разделение ионов в магнитном поле.
- 38. Принципиальная схема масс-спектрометра.
- 39. Вакуумная система и вакуумный интерфейс ИСП-МС.
- 40. Системы ввода проб в ИСП-МС.
- 41. Индуктивно-связанная плазма. РЧ генератор и плазменная горелка в ИСП-МС.
- 42. Помехи в ИСП-МС и способы их устранения.
- 43. Особенности анализа природных объектов методом ИСП-МС.

8. Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине:

В таблице представлена шкала оценивания результатов обучения по дисциплине. 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) непринципиального характера. При несистематических знаниях, демонстрации отдельных (но принципиально значимых навыков) и затруднениях в демонстрации других навыков выставляется оценка «удовлетворительно». Оценка "неудовлетворительно" ставится, если знания и умения фрагментарны, а навыки отсутствуют.

фрагментарны, а навыки отсутствуют.										
ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине										
Оценка РО и										
соответствующие	2	3	4	5						
виды оценочных	2	3	-							
средств										
Знания	Отсутствие	Фрагментарные	Общие, но не	Сформированные						
(виды оценочных	знаний	знания	структурированные	систематические						
средств: устные и			знания	знания						
письменные										
опросы и										
контрольные										
работы)										
Умения	Отсутствие	В целом	В целом успешное,	Успешное и						
(виды оценочных	умений	успешное, но не	но содержащее	систематическое						
средств:		систематическое	отдельные пробелы	умение						
практические		умение	умение (допускает							
задания)			неточности							
			непринципиального							
			характера)							
Навыки	Отсутствие	Наличие	В целом,	Сформированные						
(владения, опыт	навыков	отдельных	сформированные	навыки						
деятельности)	(владений,	навыков	навыки (владения),	(владения),						
(вид оценочных	опыта)	(наличие	но используемые не	применяемые						
средств: отчет о		фрагментарного	в активной форме	при решении						
практической		опыта)		задач						
работе)										

9. Ресурсное обеспечение:

• Перечень основной и дополнительной литературы:

А. Основная литература.

- **1.** М. Отто. Современные методы аналитической химии (в двух томах). М., Техносфера, 2003.
- 2. А. А. Пупышев. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. М., Техносфера, 2009.
- 3. А. И. Обухов, И. О. Плеханова. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях . М, МГУ, 1991.
- 4. ICP-MS Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. A Primer. Agilent Technologies, 2005.
- 5. R. Thomas. A Beginner's Guide to ICP-MS. Spectroscopy, 2001, v. 6, No4.
- Б. Дополнительная литература.
- 1. W. Slavin. Graphite Furnace AAS. A Source Book. Norwalk, CT, 1984.
- 2. B. Welz, H. Becker-Ross, S. Florek, U. Heitmann. High-Resolution Continuum Source AAS Weinheim, WILEY-VCH, 2005.
 - Перечень лицензионного программного обеспечения (при необходимости)
 - Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
 - Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
 - Описание материально-технического обеспечения:

Помещения:

Аудитория для лекций и семинаров, оборудованная мультимедийным проектором, экраном и компьютером с программным обеспечением для показа презентаций.

Оборудование.

Атомно-абсорбционный спектрометр с пламенной, электротермической и гидридной техниками; энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр, масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой и их отдельные блоки и узлы для демонстрации студентам. Персональный компьютер, подключенный к сети Интернет, мультимедийный проектор, экран, лоска

Иные материалы: демонстрационные материалы.

10. Язык преподавания:

Русский.

11. Преподаватель:

• Ладонин Дмитрий Вадимович.

Должность: профессор.

Ученая степень: д. б. н., 2016, МГУ.

Ученое звание: доцент, 2019, МГУ.

12. Разработчик программы:

• Ладонин Дмитрий Вадимович.

Должность: профессор.

Ученая степень: д. б. н., 2016, МГУ.

Ученое звание: доцент, 2016, МГУ.

13. Аннотация дисциплины

Дисциплина предназначена для ознакомления студентов с современными методами атомной спектрометрии, используемыми для анализа природных объектов — атомно-абсорбционной спектрометрии, рентгенфлюоресцентной спектрометрии, оптической эмиссионной спектрометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Студенты знакомятся с принципами работы оборудования, теоретическими основами методов, устройством приборов (с демонстрацией). Дается сравнительный анализ, рассматриваются аналитические возможности методов и их использование для анализа природных объектов.