

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой

полезных ископаемых и недропользования



К.А. Савко

подпись

09.04.2018г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.15 Электронная микроскопия и рентгеноспектральный анализ**

*Код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

05.03.01 Геология

2. Профиль подготовки/специализация: Геохимия

3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

4. Форма обучения: Заочная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра полезных  
ископаемых и недропользования

6. Составители программы: Пилюгин Сергей Михайлович, кандидат геолого-  
минералогических наук, доцент

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

7. Рекомендована: НМС геологического факультета, протокол № 6 от 14.05.2018

*(наименование рекомендующей структуры, дата, номер протокола,*

*отметки о продлении вносятся вручную)*

8. Учебный год: 2020-2021

Семестр(ы): 7

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Изучение геологических образцов с помощью растровой электронной микроскопии. Определение химического состава минеральных фаз при различных исходных условиях. Составление карт распределения химических элементов в пределах участков образцов смешанного состава.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла и является обязательной дисциплиной. Она обеспечивает взаимосвязь естественнонаучных дисциплин с изучаемыми профессиональными дисциплинами геохимического профиля. Для изучения дисциплины требуется знать основные понятия физики, химии, общей геологии.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-1	способность использовать знания в области геологии, геохимии для решения научно-исследовательских задач	знать: геологические основы изучения горных пород и руд уметь: пользоваться передовыми научно-техническими разработками в области геологии и геохимии владеть (иметь навык(и)): методами оценки геологических данных
ПК-2	способность самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований	знать: основные закономерности развития и строения геологических тел уметь: системно и критически оценивать геологическую информацию владеть (иметь навык(и)): методами отбора представительных геологических образцов
ПК-5	готов к работе на современных полевых и лабораторных геологических приборах, установках и оборудовании	знать: физические закономерности природных процессов уметь: интерпретировать полевую и лабораторную информацию владеть (иметь навык(и)): методами обработки полевых и лабораторных данных

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 2 / 72 .**

**Форма промежуточной аттестации (зачет/экзамен) зачет.**

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ семестра 7	№ семестра	...
Аудиторные занятия	14	14		
в том числе: лекции	8	8		
практические	6	6		
лабораторные				
Самостоятельная работа	54	54		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – час.)	4	4		

Итого:	72	72		
--------	----	----	--	--

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение	Рентгеноспектральный микроанализ и растровая электронная микроскопия (РЭМ). Использование РЭМ для анализа. Применение растрового электронного микроскопа в геологии. Сопоставимые методы.
1.2	Взаимодействие электронов с мишенью и возбуждение рентгеновского излучения	Структура атома. Характеристический рентгеновский спектр. Ионизация внутренних уровней. Оже-эффект и выход флуоресценции. Непрерывный рентгеновский спектр. Неупругое взаимодействие. Упругое рассеяние. Вторичная электронная эмиссия. Католюминесценция. Нагрев образца.
1.3	Электронно-оптическая колонна	Электронная пушка. Электромагнитные линзы. Диаметр пучка и ток. Юстировка колонны. Регулировка тока пучка. Столик образца. Оптический микроскоп. Вакуумная система. Сканирование. Детекторы электронов. Другие типы детекторов.
1.4	Рентгеновские спектрометры	Спектрометры с энергетической дисперсией. Спектрометры с волновой дисперсией. Сравнение ЭД и ВД спектрометров.
1.5	Количественный рентгеноспектральный анализ	Количественный рентгеноспектральный анализ с ВД. Количественный рентгеноспектральный анализ с ЭД. Учет матричных эффектов. Программы расчета поправочных факторов на ЭВМ. Стандарты. Выбор условий количественного анализа. Количественный анализ: особые случаи. Определение легких элементов. Определение валентных состояний.
1.6	Сходимость результатов рентгеноспектрального анализа и обработка результатов	Погрешность измерения интенсивностей. Предел обнаружения. Погрешность поправок на матричные эффекты. Влияние проводящего покрытия. Влияние грубой поверхности и пористости. Разрушение образца под действием зонда. Гомогенность. Краевые эффекты. Формы представления результатов.
1.7	Пробоподготовка	Пробоподготовка материала образца. Сплавление порошковых проб. Подготовка образца в виде эпоксидного блока. Полировка. Травление. Напыление проводящего покрытия. Маркировка образцов. "Карта" образца. Хранение и уход за образцами.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Растровая электронная микроскопия	Увеличение и разрешение изображения с РЭМ. Фокусировка. Шумы на изображениях РЭМ. Цифровые изображения. Топография образца. Изображения отражающие состав образца. Различные способы улучшения изображений. Другие типы изображений.
2.2	Карты распределения элементов	Точечные карты в рентгеновских лучах. Цифровое картирование. Картирование с помощью ЭДС. Картирование с помощью ВДС. Вычитание фона. Картирование по данным количественного РСМА. Статистика и шумы в картировании. Обработка и анализ изображений. Модальный анализ. Цветные карты. Линейное сканирование.
2.3	Качественный рентгеноспектральный анализ	Рентгеновские спектры чистых элементов. Идентификация пиков в спектрах с ЭД. Идентификация пиков в спектрах с ВД. Идентификация минералов

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№	Наименование темы	Виды занятий (часов)
---	-------------------	----------------------

п/п	(раздела) дисциплины	Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение	1			5	6
2	Взаимодействие электронов с мишенью и возбуждение рентгеновского излучения	1			6	7
3	Электронно-оптическая колонна	1			6	7
4	Рентгеновские спектрометры	1			5	6
5	Растровая электронная микроскопия		2		5	7
6	Карты распределения элементов		2		5	7
7	Качественный рентгеноспектральный анализ (РСМА)		2		5	7
8	Количественный рентгеноспектральный анализ (РСМА)	2			5	7
9	Сходимость результатов рентгеноспектрального анализа и обработка результатов	1			6	7
10	Пробоподготовка	1			6	7
	Итого:	8	6		54	68

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Рекомендуемые образовательные технологии:

- чтение лекций в сопровождении видеоматериалов;
- демонстрация работы растрового электронного микроскопа и энергодисперсионной системы.

Для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине могут использоваться: устный опрос (УО) в виде собеседования, коллоквиума, теста; письменные работы (ПР) в виде эссе, рефератов, контрольных работ (КР); зачет и экзамен. Оценка на экзамене может быть выставлена по результатам всех перечисленных форм контроля и промежуточной аттестации.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 05.03.01 Геология.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	<i>Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ : В 2-х книгах / [Дж. Гоулдстейн, Д. Ньюберн, П. Эчлин и др.]; Пер. с англ. Р. С. Гроздвер и Л. Ф. Комоловой; Под ред. В. И. Петрова. — Москва : Мир, 1984.</i>
2	<i>Рид С. Дж. Б. Электроннозондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии / С. Дж. Б. Рид ; пер. с англ. Д. Б. Петрова [и др.] .— Москва : Техносфера, 2008. — 229 с.</i>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	<i>Goncalves, P., Williams, M. L. and Jercinovic, M.J. (2005) Electron-microprobe age mapping of monazite. Amer. Mineral. 90 578-85.</i>
4	<i>Jercinovic, M. J. and Williams, M. L. (2005) Analytical perils (and progress) in electron microprobe trace element analysis applied to geochronology: Background acquisition, interferences, and beam irradiation effects. Amer. Mineral. 90 526-46.</i>
5	<i>Laubach, S. E., Reed, R. M., Olson, J. E., Lander, R. H. and Bonnell, L. M. (2004) Coevolution of crack-seal texture and fracture porosity in sedimentary rocks: cathodoluminescence observations of regional fractures. J. Struct. Geol. 26 967-82.</i>

6	<i>Reed S.J.B. Electron Microprobe Analysis and scanning Electron Microscopy in Geology. Cambridge: Cambridge Univ. Press. - 2005.</i>
---	--

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
1.	<i>Неофициальный сервер геологического факультета МГУ (geo.web.ru)</i>
2.	<i>Википедия - свободная энциклопедия (ru.wikipedia.org)</i>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	<i>Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Электронная микроскопия и рентгеноспектральный анализ». С.М. Пилюгин, Эл. изд-в, ВГУ, 2018, 35с.</i>

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

Растровый электронный микроскоп Jeol-6380 LV, энергодисперсионная система INCA-250, мультимедийная аппаратура для демонстрации презентаций по дисциплине, коллекции геологических образцов.

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-1	Знать: геологические основы изучения горных пород и руд	Разделы 1.1-1.7, 2.1-2.3	Собеседование, зачет
	Уметь: пользоваться передовыми научно-техническими разработками в области геологии и геохимии		
	Владеть: методами оценки геологических данных		
ПК-2	Знать: основные закономерности развития и строения геологических тел		
	Уметь: системно и критически оценивать геологическую информацию		
	Владеть: методами отбора представительных геологических		

	образцов		
ПК-5	Знать: физические закономерности природных процессов		
	Уметь: интерпретировать полевую и лабораторную информацию		
	Владеть: методами обработки полевых и лабораторных данных		
Промежуточная аттестация			КИМ

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

### 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются следующие показатели (ЗУНы из 19.1):

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрированы знания, умение использовать полученные знания на практике, владение материалом.</i>	<i>Высокий уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует перечисленным показателям. Демонстрируются частичные знания.</i>	<i>Низкий уровень</i>	<i>Не зачтено</i>

### 19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 19.3.1 Перечень вопросов к зачету:

Номер вопроса	Содержание вопроса
1	Рентгеноспектральный микроанализ и растровая электронная микроскопия (РЭМ). Использование РЭМ для анализа.
2	Применение растрового электронного микроскопа в геологии. Сопоставимые методы.
3	Структура атома. Характеристический рентгеновский спектр.
4	Ионизация внутренних уровней. Оже-эффект и выход флуоресценции. Непрерывный рентгеновский спектр.
5	Неупругое взаимодействие. Упругое рассеяние. Вторичная электронная эмиссия. Католюминесценция. Нагрев образца.
6	Электронная пушка. Электромагнитные линзы. Диаметр пучка и ток.
7	Юстировка колонны. Регулировка тока пучка. Столик образца. Оптический микроскоп. Вакуумная система.

8	Сканирование. Детекторы электронов. Другие типы детекторов.
9	Спектрометры с энергетической дисперсией.
10	Спектрометры с волновой дисперсией.
11	Сравнение ЭД и ВД спектрометров.
12	Увеличение и разрешение изображения с РЭМ. Фокусировка. Шумы на изображениях РЭМ. Цифровые изображения.
13	Топография образца. Изображения отражающие состав образца. Различные способы улучшения изображений. Другие типы изображений.
14	Точечные карты в рентгеновских лучах. Цифровое картирование. Картирование с помощью ЭДС. Картирование с помощью ВДС. Вычитание фона.
15	Картирование по данным количественного РСМА. Статистика и шумы в картировании. Обработка и анализ изображений. Модальный анализ. Цветные карты. Линейное сканирование.
16	Рентгеновские спектры чистых элементов. Идентификация пиков в спектрах с ЭД.
17	Идентификация пиков в спектрах с ВД. Идентификация минералов.
18	Количественный рентгеноспектральный анализ с ВД.
19	Количественный рентгеноспектральный анализ с ЭД.
20	Учет матричных эффектов. Программы расчета поправочных факторов на ЭВМ.
21	Стандарты. Выбор условий количественного анализа.
22	Количественный анализ: особые случаи. Определение легких элементов. Определение валентных состояний.
23	Погрешность измерения интенсивностей. Предел обнаружения. Погрешность поправок на матричные эффекты. Влияние проводящего покрытия. Влияние грубой поверхности и пористости.
24	Разрушение образца под действием зонда. Гомогенность. Краевые эффекты. Формы представление результатов.
25	Пробоподготовка материала образца. Сплавление порошковых проб. Подготовка образца в виде эпоксидного блока. Полировка. Травление.
26	Напыление проводящего покрытия. Маркировка образцов. "Карта" образца. Хранение и уход за образцами.

### 19.3.2 Перечень практических заданий

### 19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах) (*указать нужное*): *устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа, доклады); письменных работ (контрольные, эссе, сочинения, выполнение практико-ориентированных заданий, лабораторные работы и пр.); тестирования; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа, портфолио и др.)*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практические задания, позволяющие оценить степень сформированности умений и(или) навыков, и(или) опыт деятельности *в геологии полезных ископаемых*.

При оценивании используются количественные или качественные шкалы оценок (*нужное выбрать*). Критерии оценивания приведены выше.