


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

21.04.2021г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.О.24 Лабораторные методы изучения минерального сырья**

1. Код и наименование направления подготовки:

21.05.02 Прикладная Геология

2. Профиль подготовки: Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений  
твердых полезных ископаемых

3. Квалификация (степень) выпускника: горный инженер-геолог

4. Форма обучения: Очная

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

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

7. Рекомендована: НМС геологического факультета, протокол № 7 от 24.06.2021 г.

8. Учебный год: 2023-2024

Семестр(ы): 6

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:**

*Целью освоения учебной дисциплины является:*

является подготовка специалистов, владеющих знаниями о современных методах, применяемых при изучении минерального сырья.

*Задачи учебной дисциплины:*

- формирование у обучаемых представлений об основных технических средствах;
- получение обучаемыми знаний о наиболее эффективных способах пробоподготовки и анализа;
- приобретение обучаемыми практических навыков в обработке аналитических данных.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Блок Б1, обязательная часть. Для ее освоения требуются знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Кристаллография и минералогия, Минераграфия. Дисциплина является предшествующей для дисциплин: Прогнозирование и поиски полезных ископаемых, Основы разработки месторождений твердых полезных ископаемых и технологии переработки руд.

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-2	Способен применять методы и способы геолого-экономической оценки минерально-сырьевой базы и месторождений полезных ископаемых	ОПК-2.2	Выполняет комплекс геологических исследований для экономической оценки минерально-сырьевой базы и месторождений полезных ископаемых	знать: особенности строения основных промышленных типов месторождений полезных ископаемых. уметь: самостоятельно получать геологическую информацию, интерпретировать геологическую информацию. Определять генезис и условия формирования залежей минерального сырья. владеть: навыками самостоятельной работы с геологической информацией, ее использования в научно-исследовательской деятельности. Владеть навыками первичных полевых исследований горных пород и руд.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 3 / 108.**

**Форма промежуточной аттестации зачет.**

**13. Виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		№ 6	№ семестра	...
Аудиторные занятия	54	54		
в том числе: лекции	22	22		
практические				
лабораторные	32	32		
Самостоятельная работа	54	54		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – 36 час.)				

Итого:	108	108		
--------	-----	-----	--	--

### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1	Электронная микроскопия	Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Увеличение и разрешение изображения РЭМ. Фокусировка. Шумы на изображениях РЭМ. Цифровые изображения РЭМ. Поперечная локальность РЭМ. Работа РЭМ при низком ускоряющем напряжении. РЭМ, работающий при параметрах «окружающей среды». Изображения по контрасту эффективных атомных номеров в отраженных электронах (BSE). Каналирование электронов. Католюминесцентные изображения. Растровая Оже-микроскопия. Изображения магнитного контраста. Изображения в поглощенном токе.	«Электроннозондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии»
2	Ядерно-физические методы анализа	Спектрометры с энергетической дисперсией. Спектрометры с волновой дисперсией. Сравнение ЭД и ВД спектрометров. 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. Рентген флуоресцентный анализ. Вторично-ионный микрозондовый анализ SHRIMP-II. Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ISM –MS).	«Электроннозондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии»
<b>2. Лабораторные работы</b>			
3	Рентгеноспектральные методы анализа	Выполнение определений минералов по их рентгеноспектральным профилям. Качественный и количественный РСМА. Рентгеновские спектры чистых элементов. Идентификация минералов. Стандарты. Выбор условий количественного анализа. Определение легких элементов.	«Электроннозондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии»
4	Подготовка проб геологических образцов к физико-химическим исследованиям	Пробоподготовка материала образца. Очистка. Сушка. Пропитка. Изготовление реплик и оттисков поверхности. Резка образцов пород. Сплавление порошковых проб. Подготовка образца в виде эпоксидного блока. Полировка образца. Выщелачивание. Напыление репликами. Маркировка и карта образца. Хранение и уход.	«Электроннозондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии»

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Электронная микроскопия	12			15	27
2	Ядерно-физические методы анализа	10			12	22
3	Рентгеноспектральные методы анализа			16	12	28
4	Подготовка проб геологических образцов к физико-химическим исследованиям			16	15	31
	Итого:	22		32	54	108

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

В рамках дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии: занятия лекционного типа, практические занятия, самостоятельная работа студентов, включающая усвоение теоретического материала, подготовку к лабораторным занятиям, работа с учебниками, учебно-методической литературой, подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету, а также консультирование студентов по вопросам поиска научной информации, изучения учебного материала и практического решения задач. Чтение лекций осуществляется с презентацией основных материалов на мультимедийном оборудовании, что значительно повышает зрелищность, показательность и усвоение материала. На практических занятиях рассматриваются определенные разделы дисциплины, требующие математических расчетов, детального анализа диаграмм и графиков, графических работ. После проведения аудиторных занятий презентации на соответствующие темы выкладываются на образовательном портале ВГУ в рамках одноименного электронного курса. На практических и лабораторных занятиях рассматриваются определенные разделы дисциплины, требующие математических расчетов, детального анализа диаграмм и графиков, графических работ. Для успешного овладения курсом необходимо обязательно посещать все занятия. В случаях пропуска занятия студенту необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме, в том числе на образовательном портале ВГУ (<https://edu.vsu.ru>). В ходе занятий обучающимся рекомендуется: вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений.

На образовательном портале «Электронный университет ВГУ» имеется электронный курс «Лабораторные методы изучения минерального сырья», где присутствуют иллюстрированные тексты лекций, презентации, ссылки на дополнительную литературу.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Гурвич М.Ю. <i>Современные методы исследования минералов, горных пород и руд</i> / М.Ю. Гурвич. - Москва : Российский государственный геологоразведочный университет, 2009. - 143 с.
2	Рид С. Дж. Б. <i>Электроннозондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии</i> / С. Дж. Б. Рид ; пер. с англ. Д. Б. Петрова [и др.] .— Москва : Техносфера, 2008 .— 229 с. <a href="https://www.studmed.ru/rid-sdzhb-elektronno-zondovyy-mikroanaliz-i-rastrovaya-elektronnaya-mikroskopiya-v-geologii_a723c71eb5a.html">https://www.studmed.ru/rid-sdzhb-elektronno-zondovyy-mikroanaliz-i-rastrovaya-elektronnaya-mikroskopiya-v-geologii_a723c71eb5a.html</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	<i>Количественный электроннозондовый микроанализ / [Т. Малви, В.Д. Скотт, С. Дж. Б.Рид и др.]; Под ред. В. Скотта, Г. Лава; Перевод с англ. [и предисл.] А. И. Козленкова. — М.: Мир, 1986. — 351, [1] с</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>

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

№ п/п	Ресурс
1.	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – зональная библиотека Воронежского государственного университета
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a> – научная электронная библиотека
3.	<a href="http://www.lithology.ru">www.lithology.ru</a> – информационный портал, посвященный геологии
4.	<a href="http://www.biblioclub.lib.vsu.ru">www.biblioclub.lib.vsu.ru</a> - Университетская библиотека ВГУ ONLINE

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	<i>Растровая электронная микроскопия [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для вузов: [для студ. естеств.-науч. фак., обучающихся по направлению подготовки: 210100 - Электроника и наноэлектроника; 011200 - Физика; 020300 - Химия, физика и механика материалов; 020700 - Геология; 020400 - Биология] / Воронеж. гос. ун-т; сост.: Б.Л. Агапов, Т.В. Куликова. — Электрон. текстовые дан. — Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018.</i>

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

Демонстрация мультимедийных материалов производится при помощи программного обеспечения Microsoft Office PowerPoint. При выполнении лабораторных работ расчеты производятся в программе Microsoft Office Excel.

Программа реализуется с использованием электронного обучения и с применением дистанционных образовательных технологий.

№пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc
3	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Расширенный Russian Edition
4	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах Антиплагиат.ВУЗ

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

№ аудитории	Адрес	Название аудитории	Тип аудитории	Материально-техническое обеспечение
7	г.Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория физико-химических методов исследования	лаборатория	Растровый электронный микроскоп JEOL 6380LV с системой количественного энергодисперсионного анализа INCA-250
106п	г.Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	лаборатория геоинформационных систем	лаборатория	Компьютеры ПК PET WS Celeron 430 1800/512 RAM/160 GB HDD/S775 ASUS P5KPL-AM (10 шт.), Scanner

				MUSTEK ScanExpress A3 SP
202п	г.Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б		аудитория семинарского типа	Ноутбук 15" Acer Aspire 5920G, LCD- проектор Benq MP510, телевизор PHILIPS

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Электронная микроскопия	ОПК-2	ОПК-2.2	Тест 1, лабораторная работа
2.	Ядерно-физические методы анализа	ОПК-2	ОПК-2.2	Тест 1, лабораторная работа
3.	Рентгеноспектральные методы анализа	ОПК-2	ОПК-2.2	Тест 1, лабораторная работа
4.	Подготовка проб геологических образцов к физико-химическим исследованиям	ОПК-2	ОПК-2.2	Тест 1, лабораторная работа
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Вопросы к зачету

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: тесты

Тестовые задания:

#### Тест № 1

1. Дайте определение «сканирующий (растровый) электронный микроскоп».
2. Максимальное увеличение в РЭМ: а) 500 раз; б) 5 000 раз; в) 50 000 раз; г) 500 000 раз.
3. Максимальное разрешение в РЭМ: а) 1 нм; б) 10 нм; в) 1 мкм; г) 1 мм.
4. Что является источником электронов в РЭМ?
5. С помощью чего происходит фокусировка электронного пучка: а) магнитная линза; б) объективная линза; в) конденсорная линза; г) а+б; д) б+в; е) все перечисленные.
6. Укажите наиболее используемый диапазон ускоряющих напряжений при работе с РЭМ: а) 1-5 кВ; б) 5-30 кВ; в) 10-15 кВ; г) 15-20 кВ.
7. На какую предельную глубину поверхности образца проникает пучок направленных электронов: а) 1 мкм; б) 5 мкм; в) 25 мкм; г) 2 мм.
8. BSE и SE это...

9. В чем отличие энергодисперсионного от волнодисперсионного детектора?
10. Можно ли в РЭМ исследовать диэлектрики: а) да; б) нет; в) только после предварительной обработки (напыления).
11. Качественный энергодисперсионный анализ это: а) получение спектральных линий «чистых» элементов; б) определение валового содержания заданного элемента; в) определение элементов-примесей в образце; г) все вышеперечисленное.
12. Что используется в качестве эталонов в РЭМ при химическом анализе?
13. Показателем точности энергодисперсионного и волнодисперсионного анализа является: а) фиро-зет; б) сигма; в) среднее арифметическое; г) отношение пик/фон.
14. В каких единицах выводится химический анализ сульфидов: а) в атомных процентах; б) в весовых процентах; г) по стехиометрии.
15. Объясните характер занижения реальных сумм химических элементов при анализе гидроокислов и карбонатов.
16. Картирование в РЭМ это: а) составление геологической карты; б) составление координатной схемы образца; в) изучение химических неоднородностей образца.
17. Главными условиями получения качественных изображений в РЭМ являются: а) полированная поверхность; б) напыленная углеродом поверхность; в) напыленная золотом поверхность; г) отсутствие внешних помех (магнитных и электромагнитных наводок, вибраций и пр.); д) стабильность работы вакуумной системы.
18. Перечислите основные области применения РЭМ.
19. Нарисуйте схему строения РЭМ.

### Перечень лабораторных заданий

Лабораторная работа №1 Выполнить определение минерала по его рентгеноспектральному профилю

Лабораторная работа №2 Подготовка проб геологических образцов к физико-химическим исследованиям

Лабораторные работы выполняются на оборудовании, имеющемся в распоряжении геологического факультета ВГУ и центра коллективного пользования научным оборудованием ВГУ. Для выполнения работ студентам предоставляются образцы горных пород и минеральных агрегатов, поляризационные и рудные микроскопы, растровый электронный микроскоп с системой энергодисперсионного микроанализа, рентген флуоресцентный анализатор, набор шлифовального оборудования.

Тестирование проводится в письменной форме с последующей проверкой правильности ответов преподавателем. В случае применения дистанционных технологий тестирование проводится с применением возможностей образовательного портала ВГУ; используется три вида вопросов: 1) вопросы с одним правильным вариантом ответа, баллы начисляются за правильный ответ; 2) вопросы с несколькими правильными вариантами ответа, за каждый правильный ответ начисляются баллы, за каждый неправильный – списываются; 3) вопросы без вариантов ответа, оцениваются преподавателем вручную.

Для оценивания результатов выполнения лабораторных работ используются следующие показатели:

1. Использование необходимого комплекса методов для решения поставленной задачи.
2. Безошибочность и непротиворечивость расчетов, соответствие их задаче работы.

### 20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: вопросы к зачету.

№ п/п	
1	Задачи физико-химических исследований горных пород и руд, их роль в добыче полезных ископаемых.
2	Направления развития физико-химических исследований горных пород и руд.

3	Качественный и количественный РСМА.
4	Гранулометрический и морфометрический анализ.
5	Минералогический анализ. Подготовка образца в виде эпоксидного блока.
6	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).
7	Диагностика минералов, определение параметров элементарной ячейки минерала.
8	Рентгенофазовый анализ, количественный рентгенофазовый анализ.
9	Изучение изоморфизма минералов, изучение характера фазовых превращений минерала.
10	Определение степени совершенства кристаллической структуры вещества.
11	Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ.
12	Микрорентгеноспектральный анализ.
13	Рентгенорадиометрический анализ.
14	Эмиссионный спектральный анализ.
15	Атомно-абсорбционный спектральный анализ.
16	Активационный анализ. Метод радиографии.
17	Ядерный гамма-резонанс (эффект Мессбауэра).
18	Схема электронного микроскопа.
19	Типы электронных микроскопов.
20	Задачи, решаемые с помощью электронных микроскопов. Пробоподготовка материала образца. Нанпыление проводящего покрытия.
21	Препарирование образцов для микроскопических исследований.
22	Методы сепарации руд и горных пород.
23	Рентгеновские спектры чистых элементов.

Зачет проводится в форме устной беседы с преподавателем. Обучающемуся дается время на подготовку к ответу на вопросы контрольно-измерительного материала. В случае дистанционного обучения зачет проводится в форме видеоконференции.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 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 показателям, или ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному из перечисленных показателей.</i>	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
<i>Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым из перечисленных показателей.</i>	–	<i>Не зачтено</i>