

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
доцент Ю.Л. Гульбин

---

**Проректор по образовательной**  
**деятельности**  
Д.Г. Петраков

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***ЛОКАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Специалитет
<b>Специальность:</b>	21.05.02 Прикладная геология
<b>Специализация:</b>	Прикладная геохимия, минералогия и геммология
<b>Квалификация выпускника:</b>	горный инженер-геолог
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	к.г.-м.н., доцент Д.А. Петров

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Локальные методы анализа» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по специальности «21.05.02 Прикладная геология», утвержденного приказом Минобрнауки России № 953 от 12 августа 2020 г.;

- на основании учебного плана специалитета по специальности «21.05.02 Прикладная геология», специализация «Прикладная геохимия, минералогия и геммология».

Составитель \_\_\_\_\_ к.г.-м.н., доцент Д.А. Петров

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии от 29.01.2021 г., протокол №6.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ д.г.-м.н., доцент Ю.Л. Гульбин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник отдела лицензирования, аккредитации и контроля качества образования \_\_\_\_\_ к.п.н. Дубровская Ю.А.

Начальник отдела методического обеспечения учебного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Романчиков А.Ю.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины:** углубить знания студентов об использовании локальных методов анализа при исследовании минералов, горных пород и руд

**Основные задачи дисциплины:**

- дать студентам представление о физических основах локальных методов анализа и принципах работы аналитического оборудования
- показать особенности подготовки геологических проб для проведения локальных методов анализа
- обучить навыки интерпретации результатов локальных методов анализа минералов, горных пород и руд
- дать студентам навыки работы с компьютерными программами, предназначенными для обработки результатов локального анализа
- развить мотивацию к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области использования локальных методов анализа при геологических исследованиях

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Локальные методы анализа» относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.02 Прикладная геология» и изучается в 8 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Локальные методы анализа» являются: «Физика», «Кристаллография и минералогия», «Петрография», «Лабораторные методы изучения минералов, пород и руд, часть 1».

Дисциплина «Локальные методы анализа» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Научно исследовательская работа», «Преддипломная практика».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Локальные методы анализа» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность проводить обработку и интерпретацию геохимических данных с построением специализированных карт и разрезов, строить на основе геохимических данных модели лито-, гидро-, атмо- и биогеохимических ореолов; на основе геохимических критериев выделять перспективные площади, на основе изотопно-геохимических данных оценивать возраст горных пород и определять	ПКС-4	ПКС-4.1. Знать: основные закономерности распределения химических элементов и изотопов в природных и природно-техногенных системах (минералах, горных породах, рудах, водных и воздушных средах, почвах, растениях); закономерности формирования индикаторных геохимических ассоциаций в эндогенных и экзогенных условиях; теоретические основы методов обработки и интерпретации геохимических данных, методов изотопной геохимии и геохронологии ПКС-4.2. Уметь: формулировать прикладные геохимические и изотопно-геохимические задачи при исследовании геологических объектов; обосновывать рациональный комплекс

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
источник минерального вещества		<p>геохимических и изотопно-геохимических исследований;</p> <p>на базе современных математических методов и компьютерных технологий проводить обработку геохимических и изотопно-геохимических данных, строить геохимические и изотопно-геохимические диаграммы;</p> <p>обобщать полученные результаты и на их основе делать выводы об особенностях строения, условий формирования и практической значимости геологических объектов</p> <p>ПКС-4.3. Владеть: навыками применения геохимических и изотопно-геохимических методов исследований при геолого-поисковых работах, компьютерными программами, предназначенными для геохимических расчетов; алгоритмами интерпретации геохимических данных</p>

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2 зачётных единицы, 72 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		8
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	32	32
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
Подготовка к лекциям	7	7
Подготовка к лабораторным занятиям	8	8
Подготовка к зачету	9	9
<b>Промежуточная аттестация – зачет (З)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
	<b>ак. час.</b>	<b>72</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные работы и самостоятельная работа.

#### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1. Электронная микроскопия и микроанализ	36	8	-	20	8
Раздел 2. Масс-спектрометрические локальные методы	20	4	-	8	8
Раздел 3. Интерпретация результатов локальных анализов	16	4	-	4	8
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>32</b>	<b>24</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1. Электронная микроскопия и микроанализ	Физические основы и оборудование электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа. Устройство растрового электронного микроскопа, энергодисперсионные и волновые рентгеновские спектрометры. Взаимодействие электронного пучка с веществом. Изображения во вторичных и обратно-отраженных электронах, катодолюминесценции и др. Микронзондовый анализ, его возможности и ограничения. Требования к стандартным образцам для микронзондового анализа. Особенности пробоподготовки для электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа	8
2	Раздел 2. Масс-спектрометрические локальные методы	Физические основы масс-спектрометрии, устройство и типы масс-спектрометров. Метод масс-спектрометрии вторичных ионов (SIMS), его оборудование и возможности. Времяпролетная масс-спектрометрия (TOF-SIMS). Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерным пробоотбором (LA-ICP-MS). Использование масс-спектрометрических методов в геологических исследованиях	4
3	Раздел 3. Интерпретация результатов локальных анализов	Построение профилей концентрации элементов и элементных карт. Диагностика минералов локальными методами, ее ограничения. Автоматизированные системы анализа минерального состава горных пород и рудных концентратов. Расчет формул минералов по результатам микронзондового	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		анализа, ограничения метода. Локальные изотопные исследования, их использование для решения вопросов геохронологии, петро- и рудогенеза	
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

Практические занятия не предусмотрены.

#### 4.2.4. Лабораторные работы

№п /п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Пробоподготовка для электронной микроскопии и микрозондового анализа	4
2	Раздел 1	Получение изображений на растровом электронном микроскопе и их интерпретация	4
3	Раздел 1	Анализ вещественного состава с помощью энергодисперсионного спектрометра	4
4	Раздел 1	Анализ вещественного состава с помощью волнового спектрометра	4
5	Раздел 1	Построение профилей концентрации элементов и элементных карт	4
6	Раздел 2	Интерпретация результатов масс-спектрометрии вторичных ионов	4
7	Раздел 2	Расчет формул минералов по данным микрозондового анализа	4
8	Раздел 3	Обработка результатов изотопного анализа методов SIMS и LA-ICP-MS	4
<b>Итого:</b>			<b>32</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции** являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов). Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Электронная микроскопия и микроанализ.**

1. Устройство электронного микроскопа.
2. Взаимодействие электронного пучка с веществом.
3. Различия энергодисперсионных и волновых спектрометров.
4. Пределы обнаружения и разрешающая способность микрозондового анализа.
5. Особенности пробоподготовки для электронной микроскопии.

#### **Раздел 2. Масс-спектрометрические локальные методы.**

1. Принцип действия и главные типы масс-спектрометров.
2. Принцип действия и возможности ионного микрозонда (SIMS).
3. Порядок подготовки образцов к съемке на ионном зонде.
4. Времяпролетная масс-спектрометрия и области ее применения.
5. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерным пробоотбором.

#### **Раздел 3. Интерпретация результатов локальных анализов.**

1. Ограничения микрозондового анализа и их учет.
2. Системы автоматизированного анализа минерального состава.
3. Примеры использования концентрационных профилей и элементных карт.
4. Методы пересчета формул минералов по микрозондовым анализам.
5. Использование результатов SIMS-анализа для геохронологических исследований.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (зачета)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к зачету (по дисциплине):**

1. По какому принципу методы исследований делятся на валовые и локальные?
2. В каких странах был впервые реализован рентгеноспектральный анализ с электронным зондом?
3. В чем разница между электронным микроскопом и рентгеноспектральным микроанализатором?
4. Какой тип электронных изображений позволяет исследовать топографию образца?
5. Какие методы позволяют определить изотопный состав минерала локально?
6. В чем преимущество кристалл-дифракционных спектрометров над энергодисперсионными при РСФА?
7. Какие типы изображений позволяет получать современный электронный микроскоп?
8. В чем различие растрового сканирующего и просвечивающего электронного микроскопа?
9. Какие факторы влияют на точность результатов микрозондового анализа?
10. Что такое матричный эффект?
11. Каков физический принцип электронного микрозондового анализа?
12. Какова точность определения содержания химических элементов при микрозондовом анализе?

13. Каков предел обнаружения химических элементов при микрозондовом анализе?
14. Что влияет на пространственное разрешения микрозондового анализа?
15. Какую информацию несет изображение во вторичных электронах (SE)?
16. Какую информацию несет изображение в обратно-отраженных электронах (BSE)?
17. В чем преимущество электронно-микроскопического изображения над оптическим?
18. Какие требования предъявляются к препарату для электронной микроскопии и микрозондового анализа?
19. Для решения каких задач используется катодолюминесцентная микроскопия?
20. Каков принцип действия автоматизированных минералогических комплексов?
21. В чем отличия ионного микрозонда от электронного?
22. Какие типы масс-спектрометров применяются в геологических исследованиях?
23. Каково пространственное разрешение ионного зонда?
24. Какие химические элементы можно определять ионным микрозондом?
25. Почему ионный микрозонд можно использовать для решения геохронологических задач?
26. В чем отличие времяпролетной масс-спектрометрии от стандартного ионного микрозонда?
27. Какие задачи можно решать с помощью времяпролетной масс-спектрометрии?
28. Каков принцип действия масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой и лазерным пробоотбором (LA-ICP-MS)?
29. Что может снижать качество результатов, полученных методом LA-ICP-MS?
30. Какие допущения делаются при пересчете формул минерала по данным микрозондового анализа?

### 6.2.2. Примерные тестовые задания к зачету

#### Вариант №1

№	Вопрос	Варианты ответов
1.	Закон Мозли — позволяет связывать частоту спектральных линий характеристического рентгеновского излучения атома химического элемента с	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. его атомной массой</li> <li>2. его порядковым номером</li> <li>3. числом нейтронов в ядре</li> <li>4. его степенью окисления</li> </ol>
2.	Характеристическое рентгеновское излучение используется для	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследования дефектов структуры минералов</li> <li>2. Определения валентных состояний элементов в структуре минерала</li> <li>3. Качественного и количественного анализа химического состава минералов</li> <li>4. Выяснения кристаллохимической позиции элементов в структуре минерала</li> </ol>
3.	Рентгеноспектральный микроанализ позволяет установить	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. тип кристаллической решетки</li> <li>2. параметры элементарной ячейки</li> <li>3. содержание химического элемента</li> <li>4. степень окисления химического элемента</li> </ol>
4.	Рентгеновские спектрометры делятся на	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. энергодисперсионные и одноканальные</li> <li>2. энергодисперсионные и волновые</li> <li>3. волновые и кристалл-дифракционные</li> <li>4. одноканальные и многоканальные</li> </ol>
5.	Изображение во вторичных электронах несет информацию о	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. фазовом составе минерала</li> <li>2. топографии поверхности минерала</li> <li>3. кристаллической структуре минерала</li> <li>4. оптических свойствах минерала</li> </ol>

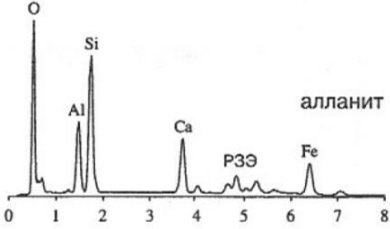


6.	Для воздействия на образец в микрозондовом анализе используется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. жесткое рентгеновское излучение</li> <li>2. пучок протонов</li> <li>3. пучок электронов</li> <li>4. пучок ионов</li> </ol>
7.	Предел обнаружения при микрозондовом анализе (с использованием волнового спектрометра)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 %</li> <li>2. 0,1%</li> <li>3. <math>10^{-6}</math> %</li> <li>4. 0,01%</li> </ol>
8.	Пространственное разрешение электронного микроскопа в режиме «фазовый контраст» составляет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 10 нм</li> <li>2. 100 нм</li> <li>3. 1 мкм</li> <li>4. 10 мкм</li> </ol>
9.	Напыление образца для электронной микроскопии производится с целью	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышения прозрачности материала</li> <li>2. Повышения отражающей способности поверхности</li> <li>3. Снижения испарения летучих компонентов</li> <li>4. Получения проводящей поверхности</li> </ol>
10.	На качество микрозондового анализа минерала влияют	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. качество полировки поверхности</li> <li>2. параметры съемки</li> <li>3. наличие и качество стандартных образцов</li> <li>4. все вышеперечисленное</li> </ol>
11.	При низких содержаниях (менее 0,1 мас.%) ошибка измерения при микрозондовом анализе может достигать	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0,1-0,5 отн. %</li> <li>2. 1-5 отн. %</li> <li>3. 30-50 отн. %</li> <li>4. 70-100 отн. %</li> </ol>
12.	Вертикальная ось на графике показывает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Энергию</li> <li>2. Частоту</li> <li>3. Длину волны</li> <li>4. Интенсивность</li> </ol>
	 <p>The figure is an EDS spectrum with a horizontal axis from 0 to 8. Peaks are labeled: O (at ~0.5), Si (at ~1.7), Al (at ~1.5), Ca (at ~3.7), P3Э (at ~4.5), Fe (at ~6.4), and алланит (at ~7.5).</p>	
13.	Эпоксидная смола используется для пробоподготовки для электронной микроскопии, так как	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. не испаряется в вакууме</li> <li>2. более прозрачна, чем канадский бальзам</li> <li>3. имеет низкую температуру плавления</li> <li>4. проводит электрический ток</li> </ol>
14.	Недостаток ионного микрозонда по сравнению с электронным	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. высокий предел обнаружения</li> <li>2. меньшее число определяемых элементов</li> <li>3. меньшая производительность анализа</li> <li>4. необходимость переводить пробу в раствор</li> </ol>
15.	В ионном зонде в качестве отрицательно заряженных первичных ионов чаще всего используют	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. цезий</li> <li>2. кислород</li> <li>3. аргон</li> <li>4. магний</li> </ol>
16.	Предел обнаружения редкоземельных элементов при ионно-зондовом анализе составляет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. г/т</li> <li>2. мг/т</li> <li>3. мкг/т</li> <li>4. кг/т</li> </ol>

17.	Ионный зонд не измеряет содержание	1. Li 2. U 3. Cs 4. измеряет все перечисленные элементы
18.	Метод LA-ICP-MS получил широкое распространение	1. с 1950-х гг. 2. с 1990-х гг. 3. с 1970-х гг. 4. с 2010-х гг.
19.	Преимуществом LA-ICP-MS перед ионным зондом является	1. более высокая производительность 2. большая локальность по площади 3. большая локальность по глубине 4. большая чувствительность
20.	Пределы обнаружения для тяжелых элементов при анализе LA-ICP-MS	1. десятки г/т 2. сотни г/т 3. десятки мг/т 4. г/т

#### Вариант №2

№	Вопрос	Варианты ответов
1	Топографию образца позволяет исследовать следующий тип электронных изображений	1. BSE 2. CE 3. CL 4. SE
2	Связь характеристической частоты рентгеновского излучения и атомным номером элемента описывается	1. законом радиоактивного распада 2. законом Мозли 3. законом Резерфорда 4. законом Бугера — Ламберта — Бера
3	Первые электронные микроанализаторы появились	1. в конце XIX в. 2. в середине XX в. 3. в 1980-х гг. 4. в начале XXI в.
4	Топографию образца показывает изображение	1. в отраженных электронах 2. во вторичных электронах 3. в катодолюминесцентных лучах 4. в оже-электронах
5	Определение содержаний химических элементов при микрозондовом анализе проводится по интенсивности линий спектра	1. катодолюминесценции 2. вторичных электронов 3. вторичных ионов 4. характеристического рентгеновского излучения
6	Электронный микроскоп обычно оборудуют	1. масс-спектрометром 2. несколькими ED-спектрометрами 3. одним ED-спектрометром 4. одним WD-спектрометром
7	Точность результатов микрозондового анализа не зависит от	1. его стоимости 2. квалификации аналитиков 3. качества стандартных образцов 4. качества полировки препаратов

8	Пространственное разрешение микрозондового анализа составляет около	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 мм</li> <li>1 мкм</li> <li>1 нм</li> <li>10 нм</li> </ol>
9	Яркость фазы на изображении в обратно-отраженных электронах зависит от	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. энергии электронного пучка</li> <li>2. энергии рентгеновского излучения</li> <li>3. среднего атомного номера</li> <li>4. средней валентности атомов</li> </ol>
10	Напыление образца не производится для следующего вида исследований	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Электронная микроскопия</li> <li>2. Электронный микроанализ</li> <li>3. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерным пробоотбором</li> <li>4. Ионно-зондовый анализ</li> </ol>
11	При микрозондовом анализе могут определяться элементы с атомными номерами	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. выше 4</li> <li>2. ниже 50</li> <li>3. выше 90</li> <li>4. от 10 до 30</li> </ol>
12	Диаметр первичного электронного пучка в просвечивающем электронном микроскопе	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 10 нм</li> <li>2. 1 мм</li> <li>3. 0,1 мкм</li> <li>4. 1 нм</li> </ol>
13	Горизонтальная ось на графике проградуирована в 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. нм</li> <li>2. мкм</li> <li>3. эВ</li> <li>4. Гц</li> </ol>
14	Недостаток электронного микрозонда по сравнению с ионным	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. большая стоимость оборудования</li> <li>2. меньшее число определяемых элементов</li> <li>3. меньшая производительность анализа</li> <li>4. необходимость переводить пробу в раствор</li> </ol>
15	Глубина кратера при ионно-зондовом анализе составляет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2-3 мкм</li> <li>2. 15-20 мкм</li> <li>3. 50-100 мкм</li> <li>4. 0,1-0,5 мм</li> </ol>
16	В ионном зонде в качестве положительно заряженных первичных ионов чаще всего используют	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. цезий</li> <li>2. кислород</li> <li>3. аргон</li> <li>4. магний</li> </ol>
17	Ионно-зондовый зонд может использоваться для решения вопросов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. минералогии</li> <li>2. геохимии</li> <li>3. геохронологии</li> <li>4. всех перечисленных</li> </ol>
18	Для изучения микросодержаний углеводородов в материалах внеземного происхождения наиболее эффективно использование следующего метода	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. электронный микроанализ</li> <li>2. ионный микрозонд</li> <li>3. времяпролетная масс-спектрометрия</li> <li>4. масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой и лазерной абляцией</li> </ol>

19	Разрешение по массам М/ΔМ для времяпролетной масс-спектрометрии составляет	1. 10-100 2. 300-1000 3. 500-1500 4. 6000-10000
20	Наиболее серьезное ограничение метода LA-ICP-MS	1. низкая чувствительность 2. элементное фракционирование 3. необходимость переведения пробы в раствор 4. невозможность анализа элементов легче Mg

Вариант №3

№	Вопрос	Варианты ответов
1	Какие из элементов не определяются методом РСФА:	1. K, Rb 2. Li, Be 3. Fe, U 4. Mg, Ca
2	Ионный микрозонд был изобретен	1. в конце XIX в. 2. в середине XX в. 3. в 1980-х гг. 4. в начале XXI в.
3	Фазовый состав образца показывает изображение	1. в отраженных электронах 2. во вторичных электронах 3. в катодолюминесцентных лучах 4. в оже-электронах
4	Точность определения содержания элементов при микрозондовом анализе	1. 10 отн. % 2. 5 отн. % 3. 1 отн. % 4. 0,1 отн. %
5	Пространственное разрешение электронного микроскопа в режиме «топография» составляет	1. 10 нм 2. 100 нм 3. 1 мкм 4. 10 мкм
6	Электронный микроскоп многократно превосходит оптический по	1. пространственному разрешению изображения 2. разрешению изображения по глубине 3. простоте использования 4. скорости проведения анализа
7	Производитель автоматизированных систем минералогического анализа	1. Bruker 2. Zeiss 3. Leica 4. Qemscan
8	Напыление образца для электронной микроскопии производится	1. Магнием 2. Аргоном 3. Углеродом 4. Свинцом
9	Растровый просвечивающий электронный микроскоп превосходит сканирующий по	1. пространственному разрешению анализа 2. количеству определяемых элементов 3. продолжительности анализа 4. сроку службы
10	Энергия электронов измеряется в	1. мкм 2. Гц 3. эВ 4. см <sup>-1</sup>

11	Диаметр первичного электронного пучка в растровом электронном микроскопе	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 10 нм</li> <li>2. 1 мм</li> <li>3. 1 мкм</li> <li>4. 1 нм</li> </ol>
12	В качестве препаратов для электронной микроскопии и микроанализа могут использоваться	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. стандартные петрографические шлифы</li> <li>2. водонасыщенные образцы</li> <li>3. прозрачно-полированные шлифы на эпоксидной смоле</li> <li>4. водные растворы</li> </ol>
13	Для ионного микрозонда образец напыляется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. золотом</li> <li>2. кремнием</li> <li>3. углеродом</li> <li>4. свинцом</li> </ol>
14	Энергия первичных ионов в ионном зонде составляет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1-2 эВ</li> <li>2. 5-15 кэВ</li> <li>3. 10-100 кэВ</li> <li>4. 0,1-1 эВ</li> </ol>
15	Диаметр кратера при ионно-зондовом анализе составляет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2-3 мкм</li> <li>2. 15-20 мкм</li> <li>3. 50-100 мкм</li> <li>4. 0,1-0,5 мм</li> </ol>
16	Наиболее известный производитель ионных зондов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zeiss</li> <li>2. Leica</li> <li>3. Cameca</li> <li>4. LOMO</li> </ol>
17	Относительная погрешность ионного зонда для содержаний элементов 0,1-100 ppm не превышает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1%</li> <li>2. 15%</li> <li>3. 30%</li> <li>4. 50%</li> </ol>
18	Искажение результатов анализа ионного зонда может быть связано с	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наличием включений других минералов размером менее 10 мкм</li> <li>2. наложением комплексных ионов</li> <li>3. точностью калибровки</li> <li>4. всеми перечисленными причинами</li> </ol>
19	Времяпролетная масс-спектрометрия вторичных ионов отличается от других методов микроанализа	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. возможностью одновременной регистрации всех вторичных ионов одной полярности</li> <li>2. большими пределами обнаружения</li> <li>3. меньшими размерами кратера</li> <li>4. меньшими размерами спектрометра</li> </ol>
20	В методе LA-ICP-MS в качестве транспорта для испаренных частиц используется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. кислород</li> <li>2. водород</li> <li>3. аргон</li> <li>4. углекислый газ</li> </ol>

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (зачет)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение более 50 % лекционных и лабораторных занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и лабораторных занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Скублов С. Г. Локальные методы в геохимии : учеб.-метод. пособие. – СПб., 2017. – 36 с.

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие (Е.В.Скляров и др.; Под ред. Е.В. Скулярова). М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.
2. Кельнер Р., Мерме Ж.-М., Отто М., Видмер Г.М. Аналитическая химия: Проблемы и подходы. М.: Мир, 2004. Том 2. 768 с.
3. Плечов П.Ю. Методы изучения флюидных и расплавных включений. М.: «Изд-во «КДУ», 2014. 268 с.
4. Рид С.Дж.Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии. Москва, Техносфера, 2008. 232 с.
5. Химический анализ в геологии и геохимии (Ред. Г.Н. Аношин). Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2016. 622 с.
6. Electron probe microanalysis (Eds. J. Heath, N. Taylor). Essential Knowledge Briefing. 2015. 33 p.
7. Encyclopedia of scientific dating methods (Eds.: W.J. Rink, J.W. Thompson). Springer Reference, 2015. 978 p.
8. Laser Ablation-ICP-MS in the Earth Sciences (Ed. P. Sylvester) // Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, Vol. 40. 2008. 364 p.
9. Microprobe techniques in the Earth sciences (Eds. P.J. Potts, J.F.W. Bowles, S.J.B. Reed and M.R. Cave) // The Mineralogical Society Series 6. Chapman & Hall, 1995. 419 p.
10. Modern analytical geochemistry: An introduction to quantitative chemical analysis techniques for Earth, environmental and materials scientists (Ed. R. Gill). Longman (Pearson Education Limited), 1997. 342 p.
11. Principles and practice of analytical techniques in geosciences (Ed. K. Grice). Royal Society of Chemistry, 2014. 412 p.

12. Secondary ion mass spectrometry in the Earth sciences: Gleaning the big picture from a small spot (Ed. M. Fayek) // Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, Vol. 41. 2009. 150 p.

## **7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru/>
3. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
4. КонсультантПлюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>  
<https://e.lanbook.com/books>.
9. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] [www.garant.ru/](http://www.garant.ru/).
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>
12. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://elibrary.rsl.ru/>
13. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
14. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
15. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru/>
16. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий**

- доска белая Magnetoplan СС магнитно-маркерная с эмалевым покрытием (2000x1000)-1 шт.
- источник бесперебойного питания APC by Schneider Smart-UPS 1500VA-1 шт.
- книжный шкаф-5 шт.
- коллекционный шкаф-2 шт.
- компьютерное кресло 7875 A2S оранжевое-1 шт.
- огнетушитель ОУ-3-ВСЕ-1 шт.
- переносная настольная трибуна-1 шт.
- стол Canvaro ASSMANN Тип 1-7 шт.
- стол Canvaro ASSMANN Тип 3-5 шт.
- стул 7874 A2S оранжевый-28 шт.
- стул 7874 A2S Тип 1 оранжевый-6 шт.
- тканевая перегородка с рейлингом под систему навесных аксессуаров Viteco ASSMANN-2 шт.
- шкаф-9 шт.

#### **Аудитории для проведения лабораторных занятий**

- жалюзи горизонтальные-2 шт.
- жалюзи-6 шт.
- коллекционный шкаф-18 шт.
- коллекция магматических пород-1 шт.
- коллекция метаморфических пород-1 шт.

- коллекция образцов минералов самородных элементов, сульфидов и их аналогов-1 шт.
- коллекция образцов минералов силикатов-1 шт.
- коллекция образцов минералов солей кислородных кислот-1 шт.
- коллекция осадочных пород-1 шт.
- компьютерная система ПО "Видео-Тест-Структура Мастер" с эл.-1 шт.
- кресло синие „imperia„-3 шт.
- объектив Plan-Neofluar с лампой и диафрагмой авизо-1 шт.
- осветитель боковой с источником питания-1 шт.
- осветитель волоконный для микроскопа с блоком питания-3 шт.
- осветитель-12 шт.
- передвижная ученич.доска для маркера 100 Smit-1 шт.
- прибор ПКС-250-1 шт.
- стол SS -12-1 шт.
- стол 140\*55\*72-4 шт.
- стол 160\*80\*72-4 шт.
- стол 180x80x72-8 шт.
- ступка агатовая с пестом диаметр 75 мл-2 шт.
- ступка из технической яшмы-1 шт.
- тумба (КФО 2)-2 шт.
- шкаф книжный из 071 сч.-1 шт.
- шкаф коллекционный-13 шт.
- шкаф-2 шт.

## **8.2. Лицензионное программное обеспечение**

ENVI 4.5 for Win ( система обработки данных )

Geographic Calculator

Lab VIEW Professional (лицензия)

MapEdit Professional

Microsoft Office Standard 2019 Russian

Microsoft Windows 10 Professional

Statistika for Windows v.6 Russian (лицензия)

Surfer 9.1 Win CD

Vertikal Mapper 3.5

ГИС MAP Info Pro 2019

ГИС Mapinfo Professional

ГИС Mapinfo Professional ( академическая версия )

ПО тематической обработки изображений ScanEx Image Processor 5.3

Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными для г. Кириши, Каменногорск, Пикалево, Ковдор, Челябинск, Кемерово, Норильск)

Право на использование дополнительного расчетного блока "Средние" (с тетеоданными по г. Апатиты и Мончегорск)

Право на использование Дополнительного расчетного программного блока "НОРМА"

Право на использование дополнительного расчетного программного блока "Риски"

Право на использование программного модуля к УПРЗА "Эколог" 4.0 "Риски" замена с вер. 3.0 под локальный ключ 16542

Право на использование программы "2-ТП (Водхоз) (вер. 3.1) сетевой ключ 175

Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 175

Право на использование программы "НДС-Эколог" (вер.2.7) сетевой ключ 77

Право на использование программы "Полигоны ТБО" (вер.1.0)

Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер. 1.6) сетевой ключ 175

Право на использование программы "Расчет проникающего шума" (вер.1.5)



Право на использование программы "РВУ - Эколог" (вер.4.0)  
Право на использование программы "РНВ - Эколог" (вер.4.0)  
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 175  
Право на использование программы "Эколог-Шум" (вер. 2.31) сетевой ключ 77  
Право на использование программы "Эколог-Шум" вариант "Стандарт" (вер. 2.1) с  
Каталогом шумовых характеристик  
Право на использование программы 2-ТП (Воздух) (вер. 4) с базовым модулем "Экомастер"  
сетевой ключ 175  
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 4.2) с базовым модулем  
"Экомастер" сетевой ключ 175  
Право на использование программы 2-ТП (Отходы) (вер. 5.0) сетевой ключ 175  
Право на использование программы АТП "Эколог" 3.10 под сетевой ключ 175 (на 40 рабочих  
мест)  
Право на использование программы РНВ-Эколог (4.2) сетевой ключ 175  
Право на использование программы УПРАЗА "Эколог" 4.0 + ГИС - Стандарт  
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" 4.50 (Газ+Застройка и высота) под  
локальный ключ 16541  
Право на использование программы УПРЗА "Эколог" вариант "Газ" с учетом влияния  
застройки  
Программа для ЭВМ "ArcGIS Desktop"  
Программа для ЭВМ "MapInfo Pro 2019"  
Программа для ЭВМ "Серия - Эколог"  
Программа для ЭВМ Statistica Ultimate Academic 13 for Windows Ru (500 пользователей)  
Система T-FLEX DOCs Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ вынужденных колебаний 15,  
сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ усталостной прочности 15,  
сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Анализ устойчивости 15, сетевая версия  
на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Базовый + Статистический анализ 15,  
сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Частотный анализ 15, сетевая версия на  
20 пользователей  
Система T-FLEX Анализ Университетская модуль. Тепловой анализ 15, сетевая версия на 20  
пользователей  
Система T-FLEX Динамика Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX CAD 3D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX Технология Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей  
Система T-FLEX ЧПУ 2D Университетская 15, сетевая версия на 20 пользователей