

**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**

### ***ПРИКЛАДНАЯ ГЕОХИМИЯ***

<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 В.В. Смоленский

**Рабочая программа дисциплины «Прикладная геохимия» 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 В.В. Смоленский

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры минералогии, кристаллографии и петрографии от 07.02.2022 г., протокол №6.

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

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса

\_\_\_\_\_

к.т.н.

Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины:** познакомить студентов с современными алгоритмами интерпретации результатов изучения химического и минерального состава горных пород, состава и свойств минералов для решения поисковых и других прикладных проблем геологии, экологии и технологии минерального сырья.

### Основные задачи дисциплины:

- ознакомить студентов с современными геохимическими методиками, используемыми для классификации горных пород и рудоносных образований, и реконструкции физико-химических условий и геологических обстановок их формирования
- показать возможности применения изотопной геохимии радиоактивных и стабильных изотопов и особенности методик определения абсолютного возраста горных пород и минералов
- привить навыки использования геохимической информации для решения научных и прикладных задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Прикладная геохимия» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по специальности «21.05.02 Прикладная геология» и изучается в 9 семестре.

Предшествующими дисциплинами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Прикладная геохимия» являются: «Прикладная геохимия» являются «Химия элементов и их соединений», «Общая геология», «Кристаллохимия», «Кристаллография и минералогия», «Петрология», «Литология», «Лабораторные методы изучения минералов, пород и руд», «Общая геохимия».

Дисциплина «Прикладная геохимия» является основополагающей для изучения следующих дисциплин «Прогнозирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», «Компьютерное моделирование геохимических поисков», «Поисковая минералогия»..

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

Процесс изучения дисциплины «Прикладная геохимия» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность проводить геохимическое опробование магматических и метаморфических комплексов, ореолов метасоматических пород, осадочных и осадочно-вулканогенных толщ, месторождений минералов, включая отбор образцов для определения абсолютного возраста горных пород	ПКС-2	ПКС-2.1. Знать: виды геохимического опробования магматических тел, метаморфических комплексов, осадочных и вулканогенно-осадочных толщ, месторождений, поисковых и разведочных горных выработок, керн скважин; методики геохимического опробования пород и руд, в том числе для определения абсолютного возраста горных пород; ПКС-2.2. Уметь: выполнять работы по геохимическому опробованию пород и руд; ПКС-2.3. Владеть: навыками обработки и интерпретации данных геохимического опробования; методами разработки геохимических критериев прогнозирования оруденения.

<b>Формируемые компетенции</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
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 источник минерального вещества	ПКС-4	<p>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</p> <p>ПКС-4.2. Уметь: формулировать прикладные геохимические и изотопно-геохимические задачи при исследовании геологических объектов; обосновывать рациональный комплекс геохимических и изотопно-геохимических исследований; на базе современных математических методов и компьютерных технологий проводить обработку геохимических и изотопно-геохимических данных, строить геохимические и изотопно-геохимические диаграммы; 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>
Способность планировать и организовать минералого-геохимические исследования для решения прикладных геологических задач	ПКС-6	<p>ПКС-6.1. Иметь представление о роли минералого-геохимических методов при проведении поисков, оценки и разведки месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых, при организации исследований, связанных с оценкой и мониторингом загрязнения окружающей среды;</p> <p>ПКС-6.2. Уметь: проектировать поисково-оценочные и разведочные работы с применением минералого-геохимических методов; использовать минералого-геохимические методы при проведении</p>

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
		эксплуатационной разведки, при исследованиях степени загрязнения окружающей среды; ПКС-6.3. Владеть: практическими навыками проведения минералого-геохимических исследований в ходе поисково-оценочных и разведочных работ (при проведении полевых геологических маршрутов, проходке горных выработок, бурении скважин), при проведении экологических исследований.
Способность проводить минералого-геохимическое и минералого-технологическое картирование для решения прикладных геологических задач	ПКС-7	ПКС-7.1. Знать: теоретические основы поисковой и технологической минералогии, поисковой геохимии ПКС-7.2. Уметь: правильно формулировать задачи, масштаб и методы минералого-геохимического и минералого-технологического картирования при проведении геологоразведочных работ; обрабатывать, обобщать и интерпретировать полученные результаты ПКС-7.3. Владеть: навыками построения минералого-геохимических и минералого-технологических карт, разрезов, графиков и диаграмм, в том числе с использованием компьютерных программ

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётные единицы, 144 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		9
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
Лекции (Л)	51	51
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
Подготовка к практическим занятиям	40	40
<b>Промежуточная аттестация – экзамен (Э)</b>	<b>Э (36)</b>	<b>Э (36)</b>
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>		
<b>ак. час.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия 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. Основные виды геохимических и минералогических данных	7	4	-	-	3
Раздел 2. Способы представления геохимической и минералогической информации. Основные виды диаграмм. Источники ошибок	8	4	1	-	3
Раздел 3. Использование спектров распределения групп химических элементов в геохимических и минералогических исследованиях	10	5	2	-	3
Раздел 4. Использование геохимических данных при изучении магматических процессов	11	6	2	-	3
Раздел 5. Использование геохимических данных при изучении осадочных процессов	10	6	-	-	4
Раздел 6. Использование геохимических данных при изучении процессов регионального метаморфизма	9	5	-	-	4
Раздел 7. Использование геохимических данных при изучении гидротермально-метасоматических процессов	10	4	2	-	4
Раздел 8. Расчет формул минералов и их использование при изучении особенностей протекания геологических процессов	14	4	4	-	6
Раздел 9. Использование геохимических данных при изучении основных породообразующих минералов	10	4	3	-	3
Раздел 10. Радиогенные изотопы в геохимических и геохронологических исследованиях	12	5	3	-	4
Раздел 11. Стабильные изотопы в геохимических исследованиях	7	4	-	-	3
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>51</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>40</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1. Основные виды геохимических и минералогических данных	Прикладная геохимия: определение, цели и задачи, связь с другими науками. Основные источники и виды геохимических и минералогических данных. Единицы измерения. Шкалы. Формирование банков и баз геохимических данных.	4
2	Раздел 2. Способы представления геохимической и минералогической информации.	Химические элементы как индикаторы геологических процессов. Карты, диаграммы, математические модели. Двойные, тройные и многомерные диаграммы. Нормирование. Спайдер-диаграммы. Возможные источники	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемко сть в ак. часах
	Основные виды диаграмм. Источники ошибок	ошибок на различных этапах отбора, анализа и обработки данных.	
3	Раздел 3. Использование спектров распределения групп химических элементов в геохимических и минералогических исследованиях	Принципы подбора элементов в группы для формирования спектров. Спектры распределения РЗЭ в минералах и породах как индикаторы кислотности-щелочности и показатели изменения окислительно-восстановительных условий их формирования.	5
4	Раздел 4. Использование геохимических данных при изучении магматических процессов	Основные минералого-геохимические особенности магматического процесса. Использование геохимических данных для классификации магматических образований и выделения серий магматических пород. Возможные способы реконструкции эволюции магматических систем (частичное плавление, фракционирование, контаминация). Диаграммы Харкера. Определение геодинамических обстановок формирования магматических комплексов. Диаграммы Пирса и другие дискриминационные диаграммы.	6
5	Раздел 5. Использование геохимических данных при изучении осадочных процессов	Основные минералого-геохимические особенности процессов формирования осадочных пород. Петрохимические генетические модули. Элементные фациальные индикаторы. Классификационные и дискриминационные генетические диаграммы.	6
6	Раздел 6. Использование геохимических данных при изучении процессов регионального метаморфизма	Основные минералого-геохимические особенности процессов регионального метаморфизма. Закрытость-открытость систем. Основные виды геохимических диаграмм, используемых для реконструкции первичного состава метаморфических пород.	5
7	Раздел 7. Использование геохимических данных при изучении гидротермально-метасоматических	Особенности гидротермально-метасоматических систем. Подвижность элементов при метасоматозе. Метасоматические ореолы. Расчет баланса вещества при гидротермально-метасоматическом изменении пород. Основные методики расчетов и возможные ошибки. Выявление особенностей зонального строения гидротермально-метасоматических объектов и	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
	процессов	оценка уровня эрозионного среза.	
8	Раздел 8. Расчет формул минералов и их использование при изучении особенностей протекания геологических процессов	Общие правила представления состава минералов. Основные методы расчета формул минералов. Особенности расчета формул минералов, содержащих воду и летучие компоненты. Расчет минерального состава. Возможные виды ошибок. Использование формульных коэффициентов в классификационных и генетических диаграммах.	4
9	Раздел 9. Использование геохимических данных при изучении основных породообразующих минералов	Геохимия породообразующих минералов. Геотермометры, геобарометры и другие индикаторные возможности породообразующих минералов. Типохимизм и типоморфизм оливинов, гранатов, пироксенов, амфиболов, слюд и полевых шпатов.	4
10	Раздел 10. Радиогенные изотопы в геохимических и геохронологических исследованиях	Особенности геохимии радиогенных изотопов. Основные изотопные системы, используемые в методах абсолютной геохронологии. Методы определения источников вещества в геологических процессах. Возможные источники ошибок при изотопных исследованиях. Особенности опробования, пробоподготовки и методик аналитического исследования при изучении радиогенных изотопных систем. Способы представления результатов.	5
11	Раздел 11. Стабильные изотопы в геохимических исследованиях	Особенности геохимии стабильных изотопов. Геохимия изотопов Н, О, S, С в магматическом, осадочном и метаморфическом процессах. Возможные источники ошибок при изотопных исследованиях. Особенности опробования, пробоподготовки и методик аналитического исследования при изучении стабильных изотопов. Способы представления результатов.	4
<b>Итого:</b>			<b>51</b>

#### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Исследование спектров распределения редкоземельных элементов	1
2	Раздел 3	Исследование спектров распределения редкоземельных элементов	1
3	Раздел 3	Использование дискриминационных диаграмм для решения вопросов классификации и определения геодинамических обстановок формирования горных пород	1



№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
4	Раздел 4	Использование дискриминационных диаграмм для решения вопросов классификации и определения геодинамических обстановок формирования горных пород	2
5	Раздел 7	Расчет баланса вещества при формировании метасоматических горных пород	2
6	Раздел 8	Расчет теоретического химического состава минералов по их идеальным формулам	2
7	Раздел 8	Расчет кристаллохимических коэффициентов формул минералов по результатам химического анализа	1
8	Раздел 8	Представление химического состава минералов в виде миналов	1
9	Раздел 9	Расчет кристаллохимических коэффициентов формул минералов по результатам химического анализа	2
10	Раздел 9	Представление химического состава минералов в виде миналов	1
11	Раздел 10	Определение абсолютного возраста магматических горных пород и типа источников магм по изотопным отношениям	3
<b>Итого:</b>			<b>17</b>

#### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены

#### 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.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

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

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) 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. Основные виды геохимических и минералогических данных**

1. Основные источники и виды геохимических и минералогических данных.
2. Единицы измерения. Шкалы.
3. Формирование банков и баз геохимических данных.

#### **Раздел 2. Способы представления геохимической и минералогической информации.**

##### **Основные виды диаграмм. Источники ошибок.**

1. Химические элементы как индикаторы геологических процессов.
2. Карты, диаграммы, математические модели.
3. Двойные, тройные и многомерные диаграммы.
4. Нормирование. Спайдер-диаграммы.
5. Возможные источники ошибок на различных этапах отбора, анализа и обработки данных.

##### **Раздел 3. Использование спектров распределения групп химических элементов в геохимических и минералогических исследованиях.**

1. Принципы подбора элементов в группы для формирования спектров.
2. Спектры распределения РЗЭ в минералах и породах как индикаторы кислотности-щелочности и показатели изменения окислительно-восстановительных условий их формирования.

##### **Раздел 4. Использование геохимических данных при изучении магматических процессов.**

1. Основные минералого-геохимические особенности магматического процесса.
2. Использование геохимических данных для классификации магматических образований и выделения серий магматических пород.
3. Возможные способы реконструкции эволюции магматических систем (частичное плавление, фракционирование, контаминация).
4. Диаграммы Харкера.
5. Определение геодинамических обстановок формирования магматических комплексов.
6. Диаграммы Пирса и другие дискриминационные диаграммы.

##### **Раздел 5. Использование геохимических данных при изучении осадочных процессов.**

1. Основные минералого-геохимические особенности процессов формирования осадочных пород.
2. Петрохимические генетические модули.
3. Элементные фациальные индикаторы.
4. Классификационные и дискриминационные генетические диаграммы.

##### **Раздел 6. Использование геохимических данных при изучении процессов регионального метаморфизма.**

1. Основные минералого-геохимические особенности процессов регионального метаморфизма.
2. Закрытость-открытость систем.
3. Основные виды геохимических диаграмм, используемых для реконструкции первичного состава метаморфических пород.

##### **Раздел 7. Использование геохимических данных при изучении гидротермально-метасоматических процессов.**

1. Особенности гидротермально-метасоматических систем.
2. Подвижность элементов при метасоматозе.
3. Метасоматические ореолы.
4. Расчет баланса вещества при гидротермально-метасоматическом изменении пород.
5. Основные методики расчетов и возможные ошибки.
6. Выявление особенностей зонального строения гидротермально-метасоматических объектов

7. Оценка уровня эрозионного среза.

### **Раздел 8. Расчет формул минералов и их использование при изучении особенностей протекания геологических процессов.**

1. Общие правила представления состава минералов.
2. Основные методы расчета формул минералов.
3. Особенности расчета формул минералов, содержащих воду и летучие компоненты.
4. Расчет минимального состава.
5. Возможные виды ошибок.
6. Использование формульных коэффициентов в классификационных и генетических диаграммах.

### **Раздел 9. Использование геохимических данных при изучении основных породообразующих минералов.**

1. Геохимия породообразующих минералов.
2. Геотермометры, геобарометры и другие индикаторные возможности породообразующих минералов.
3. Типохимизм и типоморфизм оливинов
4. Типохимизм и типоморфизм гранатов
5. Типохимизм и типоморфизм пироксенов
6. Типохимизм и типоморфизм амфиболов
7. Типохимизм и типоморфизм слюд
8. Типохимизм и типоморфизм полевых шпатов.

### **Раздел 10. Радиогенные изотопы в геохимических и геохронологических исследованиях.**

1. Особенности геохимии радиогенных изотопов.
2. Основные изотопные системы, используемые в методах абсолютной геохронологии.
3. Методы определения источников вещества в геологических процессах. Возможные источники ошибок при изотопных исследованиях.
4. Особенности опробования, пробоподготовки и методик аналитического исследования при изучении радиогенных изотопных систем.
5. Способы представления результатов.

### **Раздел 11. Стабильные изотопы в геохимических исследованиях.**

1. Особенности геохимии стабильных изотопов.
2. Геохимия изотопов Н, О, S, С в магматическом, осадочном и метаморфическом процессах.
3. Возможные источники ошибок при изотопных исследованиях.
4. Особенности опробования, пробоподготовки и методик аналитического исследования при изучении стабильных изотопов.
5. Способы представления результатов.

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

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

1. Как прикладная геохимия и минералогия связаны с другими разделами геологических наук?
2. Перечислите основные аналитические методы исследования вещественного состава.
3. Какие методы позволяют изучать фазовый состав геологических объектов?
4. Какие методы позволяют получить информацию о валентном состоянии элементов в минерале?
5. Какие методы позволяют определить форму нахождения химического элемента в пробе?
6. Каков порядок расположения элементов на мультиэлементных диаграммах?
7. Зачем необходима операция нормирования?
8. Что такое совместимые и несовместимые элементы?

9. В каких ситуациях нужны геохимические данные для классификации магматических горных пород?
10. Что такое диаграммы Харкера и зачем они нужны?
11. Как по химическим анализам магматических пород предположить возможную геодинамическую обстановку их формирования?
12. Каков ряд подвижности химических элементов в процессах химического выветривания?
13. Какие петрохимические модули могут характеризовать степень выветривания исходных пород или степень зрелости осадочных?
14. Какие геохимические и минералогические индикаторы могут характеризовать фациальные обстановки осадконакопления?
15. Зачем необходимо иметь представление о первичной природе метаморфических пород?
16. Какие генетические диаграммы и индикаторные отношения элементов обычно используют для определения протолитов пород регионального метаморфизма?
17. Можно ли отличить образования диффузионного и инфильтрационного метасоматоза?
18. В чем преимущество атомно-объемных методов расчета баланса вещества?
19. Что такое величина MSWD и какие ее значения критичны для методов абсолютной геохронологии?
20. Какие системы пригодны для датирования рудных минералов?
21. Какие минералы оптимальны для изучения Sm-Nd изотопной системы?
22. Что такое термохронология?
23. Каковы основные причины ошибочного определения возраста в K-Ar системах?
24. Что могут показывать точки пересечения дискордии и конкордии?
25. Приведите примеры природных объектов с резко отрицательным  $\delta^{13}\text{C}$ .
26. Что такое начальное изотопное отношение в радиогенных системах?
27. Какую информацию можно получить по начальным изотопным отношениям?
28. Какие методы позволяют проверить правильность теоретической формулы и предполагаемой структуры минерала?
29. С чем связана проблема записи результатов анализов кислородсодержащих минералов?
30. В чем преимущество метода расчета по содержанию элементарной ячейки и какая дополнительная информация нужна для таких расчетов?
31. Приведите примеры природных и теоретических минералов.
32. Каковы наиболее оптимальные способы графического отображения состава минералов с гетеровалентным изоморфизмом?
33. Каковы особенности эволюции состава хромшпинелидов в магматическом процессе?
34. В чем особенности мантийной минералогии оливинов?
35. Каковы возможности и ограничения использования оливинов в качестве геотермометров и геобарометров?
36. Чем регулируется входение кальция в решетку ромбических пироксенов?
37. Каковы наиболее характерные элементы-примеси в пироксенах и каково их типоморфное значение?
38. Каковы характерные особенности распределения РЗЭ в гранатах?
39. По каким особенностям магматических слюд можно попытаться оценить температуру их формирования?
40. Каковы возможности использования слюд для оценки давления?

## 6.2.2. Примерные тестовые задания экзамену

### Вариант № 1

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	В соответствии с геохимическим законом Гольдшмидта:	1) кларки элементов зависят от строения ядер, а распределение элементов в земной коре – от строения их электронных оболочек 2) распределение элементов в земной коре зависит от строения их ядер, а кларки – от строения электронных оболочек 3) кларки и распределение элементов в земной коре зависят от строения их электронных оболочек 4) распределение элементов в земной коре и их кларки не зависят от строения электронных оболочек элементов и их ядер
2.	В составе Земной коры:	1) магния больше, чем кремния 2) железа меньше, чем натрия 3) алюминия больше, чем кальция 4) лития больше чем магния
3.	Для устранения эффекта Оддо-Гаркинса, содержания РЗЭ для построения диаграмм принято:	1) логарифмировать 2) усреднять 3) вычитать из содержания РЗЭ в хондритах 4) делить на содержания РЗЭ в хондритах
4.	При изучении образца на электронном микроскопе, изображение в обратно-рассеянных электронах (BSE) показывает:	1) распределение отдельного химического элемента по площади сканирования 2) распределение фаз с разной средней атомной массой 3) характер поверхности изучаемого образца 4) характер распределения внутренних структурных дефектов в изучаемом образце
5.	Какой лабораторный метод анализа позволяет получить данные, называемые «силикатным анализом»?	1) рентгенофазовый 2) рентгеноспектральный флюоресцентный 3) рентгеноструктурный 4) пробирный
6.	Какой из перечисленных методов анализа позволяет определять соотношение разновалентного железа в пробе:	1) оптический эмиссионный спектральный анализ («спектралка») 2) спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP) 3) электронно-зондовый микроанализ («микрозонд») 4) химический анализ («мокрая химия»)
7.	Геохимический стандарт MORB представляет собой усредненный состав:	1) риолитов океанических бассейнов 2) базальтов срединно-океанических хребтов 3) базальтов океанического дна 4) магматических онгонит-риолитов Бразилии
8.	Смена окислительных условий восстановительными может фиксироваться по образованию:	1) кварца 2) каолинита 3) мушкетовита 4) пирролюзита
9.	В процессах контактового метасоматоза инертными компонентами обычно являются:	1) $H_2O$ , S, $SO_3$ 2) $Al_2O_3$ , $TiO_2$ 3) $MgO$ , $Na_2O$ , F 4) $CaO$ , $MgO$ и $K_2O$

10.	Для точного расчета баланса вещества при образовании метасоматических пород необходим обязательный учет:	1) начального изотопного отношения 2) твердости пород 3) химической стойкости породообразующих минералов 4) пористости пород
11.	Наибольшая подвижность в геологических процессах у:	1) высокозарядных элементов. 2) переходных металлов. 3) крупноионных литофилов. 4) элементов платиновой группы.
12.	Наличие сульфидной минерализации в рудоносных метасоматитах свидетельствует, что на этапе их формирования обстановка была:	1) кислотно-окислительной. 2) кислотно-восстановительной. 3) щелочно-окислительной. 4) щелочно-восстановительной.
13.	Параметр $pH = 8,5-9,0$ при температуре $25^{\circ}C$ соответствует:	1) щелочным растворам 2) слабощелочным растворам 3) нейтральным растворам 4) слабокислым растворам
14.	При воздействии слабокислых и близнейтральных вод на оливиниты образуются:	1) эйситы 2) пропициты 3) серпентиниты 4) либенериты
15.	Увеличение показателя $\frac{FeO}{FeO + Fe_2O_3}$ в ряду проб однотипных пород говорит об:	1) усилении окислительных условий образования; 2) усилении восстановительных условий образования; 3) усилении щелочности среды минералообразования; 4) усилении кислотности среды минералообразования;
16.	Устойчивость к химическому выветриванию у породообразующих минералов:	1) обратно пропорциональна ряду Боуэна 2) обратно пропорциональна твердости 3) прямо пропорциональна твердости 4) прямо пропорциональна ряду Боуэна
17.	Накопление во флюоритах легких РЗЭ свидетельствует об условиях минералообразования существенно:	1) высокотемпературных. 2) щелочных. 3) кислых. 4) низкотемпературных.
18.	Для корректного расчета воды в виде $(OH)^-$ в формуле минерала, непосредственно в расчет включают имеющиеся в исходных аналитических данных:	1) $H_2O^+$ 2) $H_2O^-$ 3) Сумму $H_2O^+$ и $H_2O^-$ 4) Величину П.П.П.
19.	У какой пары изотопов будет более сильно проявлено фракционирование в геологических процессах:	1) $^{32}S - ^{34}S$ 2) $^{12}C - ^{14}C$ 3) $^{16}O - ^{18}O$ 4) $^{207}Pb - ^{209}Pb$

20.	В пределах одного магматического комплекса магнезиальные оливины, по сравнению с железистыми, формируются в условиях:	1) более кислых 2) более щелочных 3) более низкотемпературных 4) более высокотемпературных
-----	---	---

Вариант № 2

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	«Элементы с четными порядковыми номерами распространены во Вселенной больше, чем с нечетными» - это:	1) Закон Ферсмана 2) Закон Вернадского 3) Правило фаз 4) Правило Оддо-Гаркинса
2.	В среднем составе вещества Земной коры больше:	1) кремния, чем кислорода 2) кальция, чем железа 3) кальция, чем натрия 4) железа, чем алюминия
3.	Единица измерения мл/л (миллилитр на литр) соответствует:	1) масс. % 2) промилле 3) г/т 4) ppb
4.	Для устранения эффекта Оддо-Гаркинса, содержания РЗЭ для построения диаграмм принято:	1) логарифмировать 2) усреднять 3) вычитать из содержания РЗЭ в хондритах 4) делить на содержания РЗЭ в хондритах
5.	Какая из перечисленных диаграмм является тройной диаграммой?	1) $Na_2O+K_2O-SiO_2$ 2) Ле-Мэтра 3) AFM 4) TAS
6.	Содержание элемента: 0,012 % масс. соответствует:	1) 0,12 г/т 2) 1,2 г/т 3) 12 г/т 4) 120 г/т
7.	Устойчивость к химическому выветриванию у породообразующих минералов:	1) обратно пропорциональна ряду Боуэна 2) обратно пропорциональна твердости 3) прямо пропорциональна твердости 4) прямо пропорциональна ряду Боуэна
8.	Увеличение показателя $\frac{FeO}{FeO + Fe_2O_3}$ в ряду проб однотипных пород говорит об:	1) усилении окислительных условий образования; 2) усилении восстановительных условий образования; 3) усилении щелочности среды минералообразования; 4) усилении кислотности среды минералообразования;
9.	Плагиоклазы способны селективно накапливать:	1) трехвалентный европий 2) двухвалентный европий 3) четырехвалентный церий 4) тяжелые РЗЭ
10.	Параметр pH = 4,5-6,0 при температуре 25°C соответствует:	1) щелочным растворам 2) слабощелочным растворам 3) нейтральным растворам 4) слабокислым растворам

11.	Параметр MSWD, указываемый в результатах изохронных геохронологических исследований означает:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) погрешность определения «эпсилон неодима»</li> <li>2) погрешность определения «и-стронция»</li> <li>3) величину европиевой аномалии</li> <li>4) средний квадрат взвешенных отклонений проб от изохронны</li> </ul>
12.	Накопление во флюоритах тяжелых РЗЭ свидетельствует об условиях минералообразования существенно:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) высокотемпературных.</li> <li>2) щелочных.</li> <li>3) кислых.</li> <li>4) низкотемпературных.</li> </ul>
13.	Миналы – это:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) минералы стандартного состава, наиболее характерные для данного типа пород</li> <li>2) минералы, преимущественно силикаты, содержащие в большом количестве структурный алюминий</li> <li>3) минералы, преимущественно силикаты, содержащие в минимальном количестве структурный алюминий</li> <li>4) условные молекулы, с помощью которых можно описать химический состав минерала</li> </ul>
14.	Какой из методов целесообразно применять для определения абсолютного возраста протерозойских и архейских магматических и метаморфических пород?	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) палеонтологический</li> <li>2) самарий-неодимовый</li> <li>3) радиоуглеродный</li> <li>4) калий-аргоновый</li> </ul>
15.	Для точного расчета баланса вещества при образовании метасоматических пород необходим обязательный учет:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) начального изотопного отношения</li> <li>2) твердости пород</li> <li>3) химической стойкости породообразующих минералов</li> <li>4) пористости пород</li> </ul>
16.	Диаграммы Харкера используют для:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) выявления генетических серий пород</li> <li>2) классификации пород</li> <li>3) определения геодинамических обстановок формирования пород</li> <li>4) разделения пород по щелочности</li> </ul>
17.	Гидролизатный модуль является показателем:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) глубины образования магматических пород</li> <li>2) источника вещества магматических пород</li> <li>3) степени выветривания пород в корах выветривания</li> <li>4) степени метасоматической переработки пород при скарнообразовании</li> </ul>
18.	Высокое значение отношения $\frac{Ag \cdot Hg \cdot Zn}{Mo \cdot Bi \cdot Co}$ в рудах полиметаллического рудопроявления указывает на:	<ul style="list-style-type: none"> <li>1) большую величину эрозионного среза</li> <li>2) значительный масштаб оруденения</li> <li>3) малую величину эрозионного среза</li> <li>4) пологое склонение рудных тел</li> </ul>



19.	В пределах одного магматического комплекса магнезиальные оливины, по сравнению с железистыми, формируются в условиях:	1) более кислых 2) более щелочных 3) более низкотемпературных 4) более высокотемпературных
20.	В некоторых публикациях в показатель $\Sigma REE$ могут быть включены:	1) Ta и Nb 2) Zr и Hf 3) Y и Sc 4) Ru и Rh

Вариант № 3

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	В составе Земной коры:	1) магния больше, чем кремния 2) железа меньше, чем натрия 3) алюминия больше, чем кальция 4) лития больше чем магния
2.	Для устранения эффекта Оддо-Гаркинса, содержания РЗЭ для построения диаграмм принято:	1) логарифмировать 2) усреднять 3) вычитать из содержания РЗЭ в хондритах 4) делить на содержания РЗЭ в хондритах
3.	Не имеет смысла отдавать природные геохимические пробы на анализ содержаний:	1) тулия и тербия 2) иттрия и скандия 3) тория и гольмия 4) прометия и франция
4.	Какой из перечисленных методов анализа позволяет определять соотношение разновалентного железа в пробе:	1) оптический эмиссионный спектральный анализ («спектралка») 2) спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ICP) 3) электронно-зондовый микроанализ («микронзонд») 4) химический анализ («мокрая химия»)
5.	В магматических системах наиболее совместимыми (когерентными) являются:	1) Ni, Cr, Co 2) Ba, Rb 3) Zr, Hf 4) V, Ti
6.	Геохимический стандарт MORB представляет собой усредненный состав:	1) риолитов океанических бассейнов 2) базальтов срединно-океанических хребтов 3) базальтов океанического дна 4) магматических онгонит-риолитов Бразилии
7.	Диаграммы Харкера используют для:	1) выявления генетических серий пород 2) классификации пород 3) определения геодинамических обстановок формирования пород 4) разделения пород по щелочности
8.	Гидролизатный модуль является показателем:	1) глубины образования магматических пород 2) источника вещества магматических пород 3) степени выветривания пород в корах выветривания 4) степени метасоматической переработки пород при скарнообразовании
9.	Высокое значение отношения $\frac{Ag \cdot Hg \cdot Zn}{Mo \cdot Bi \cdot Co}$ в	1) большую величину эрозионного среза 2) значительный масштаб оруденения 3) малую величину эрозионного среза 4) пологое склонение рудных тел

	рудах полиметаллического рудопроявления указывает на:	
10.	Для точного расчета баланса вещества при образовании метасоматических пород необходим обязательный учет:	1) начального изотопного отношения 2) твердости пород 3) химической стойкости породообразующих минералов 4) пористости пород
11.	Параметр $pH = 4,5-6,0$ при температуре $25^{\circ}C$ соответствует:	1) щелочным растворам 2) слабощелочным растворам 3) нейтральным растворам 4) слабокислым растворам
12.	Увеличение показателя $\frac{FeO}{FeO + Fe_2O_3}$ в ряду проб однотипных пород говорит об:	1) усилении окислительных условий образования; 2) усилении восстановительных условий образования; 3) усилении щелочности среды минералообразования; 4) усилении кислотности среды минералообразования;
13.	Устойчивость к химическому выветриванию у породообразующих минералов:	1) обратно пропорциональна ряду Боуэна 2) обратно пропорциональна твердости 3) прямо пропорциональна твердости 4) прямо пропорциональна ряду Боуэна
14.	Накопление во флюоритах тяжелых РЗЭ свидетельствует об условиях минералообразования существенно:	1) высокотемпературных. 2) щелочных. 3) кислых. 4) низкотемпературных.
15.	Плагиоклазы способны селективно накапливать:	1) трехвалентный европий 2) двухвалентный европий 3) четырехвалентный церий 4) тяжелые РЗЭ
16.	В некоторых публикациях в показатель $\Sigma REE$ могут быть включены:	1) Ta и Nb 2) Zr и Hf 3) Y и Sc 4) Ru и Rh
17.	Миналы – это:	1) минералы стандартного состава, наиболее характерные для данного типа пород 2) минералы, преимущественно силикаты, содержащие в большом количестве структурный алюминий 3) минералы, преимущественно силикаты, содержащие в минимальном количестве структурный алюминий 4) условные молекулы, с помощью которых можно описать химический состав минерала
18.	Какой из методов целесообразно применять для определения абсолютного возраста протерозойских и архейских магматических и метаморфических пород?	1) палеонтологический 2) самарий-неодимовый 3) радиоуглеродный 4) калий-аргоновый

19.	Параметр MSWD, указываемый в результатах изохронных геохронологических исследований означает:	1) погрешность определения «эпсилон неодима» 2) погрешность определения «и-стронция» 3) величину европиевой аномалии 4) средний квадрат взвешенных отклонений проб от изохронны
20.	В пределах одного магматического комплекса магнезиальные оливины, по сравнению с железистыми, формируются в условиях:	1) более кислых 2) более щелочных 3) более низкотемпературных 4) более высокотемпературных

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

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

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

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

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Интерпретация геохимических данных. / Е.В. Скляр, Д.П. Гладкочуб, Т.В. Донская и др. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. 288 с.

#### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Барабанов В.Ф. Геохимия. - Л.: Недра, 1985. 423 с.

2. Беус А.А., Грабовская Л.И., Тихонова Н.В. Геохимия окружающей среды. М., Недра,

3. *Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. - М.: Недра, 1990. 348 с.
4. *Перельман А.И.* Геохимия. - М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
5. *Ронов А.Б., Ярошевский А.А., Мигдисов А.А.* Химическое строение земной коры и геохимический баланс главных элементов. - М.: Наука, 1990. 184 с.
6. Справочник по геохимии. / *Г.В. Войткевич, А.Г. Кокин, А.Е. Мирошников и др.* - М.: Недра, 1990. 480 с.
7. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. / *А.П. Соловов, А.Я. Архипов, В.А. Бугров и др.* – М.: Недра, 1990. 335 с.
8. Справочник по изотопной геохимии. М., Энергоиздат, 1982.
9. *Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М.* Континентальная кора и ее состав и эволюция. - М.: Мир, 1988. 379 с.
10. *Фор Г.* Основы изотопной геологии. Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. 590 с.
11. *Фортестья Дж.* Геохимия окружающей среды. М., Прогресс, 1985

### **7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Прикладная геохимия. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине [Электронный ресурс] / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: В.В.Смоленский. СПб, 2018. 10 с.
2. Прикладная геохимия. Методические указания для самостоятельной работы по дисциплине [Электронный ресурс] / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: В.В.Смоленский. СПб, 2018. 10 с.

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

1. Международная минералогическая база данных по номенклатуре, свойствам и структурам минералов Webmineral: <http://www.webmineral.com>
2. Международная база данных рентгеновских и рамановских спектров минералов проекта RRUFF: <http://rruff.info>
3. GeoWiki - открытая энциклопедия по наукам о Земле: <http://wiki.web.ru>
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
6. Портал геологической литературы «Геокнига»: <http://www.geokniga.org>
7. Информационно-справочный раздел сайта Всероссийского научно-исследовательского геологического института (ВСЕГЕИ): <http://www.vsegei.ru/ru/info/>
8. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <https://www.rsl.ru/>
9. Электронно-библиотечная система учебной литературы «Лань»: <https://e.lanbook.com>
10. Поисковые системы Yandex, Google и др.

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

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

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

- телефон IP Grandstream GXV3370-1 шт.

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

- жалюзи горизонтальные-1 шт.

- жалюзи-2 шт.

- коллекция образцов минералов оксидов и гидроксидов-1 шт.

- кресло синие „imperia,-1 шт.

- стол 180x80x72-5 шт.

- шкаф коллекционный-6 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