

Приложение 2 к РПД «Петрография»
05.03.01 Геология
Направленность (профиль) – Геофизика
Форма обучения – очная
Год набора - 2021

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Общие сведения

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Код и направление подготовки, направленность (профиль)	05.03.01 Геология, Геофизика
3.	Дисциплина (модуль)	Петрография
4.	Количество этапов формирования компетенций (разделы, темы дисциплины)	6

2. Перечень компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
<p>ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований.</p>	<p>ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-2.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>
<p>ПК-3. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.</p>	<p>ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>

1. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
<i>Тема 1. Введение.</i>	<p>ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований.</p> <p>ПК-3. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.</p>	<p>ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-2.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p> <p>ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>	законодательные основы рационального использования недр и охраны окружающей среды.	использовать знания в области геологии, экологической геологии для решения научно-исследовательских задач.	способностью использовать отраслевые нормативные и правовые документы в своей профессиональной деятельности.	<i>Практическая работа. Устный опрос на понимание терминов</i>
<i>Тема 2. Методы петрографических исследований</i>	<p>ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в</p>	<p>ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-2.2. Владеет эффективными правилами,</p>	свойства и классификации горных пород. Принципы моделирования месторождений	применять на практике базовые общепрофессиональные знания и навыки полевых геологических,	способностью самостоятельно принимать решения в процессе выполнения	<i>Практическая работа. Реферат. Решение задач. Устный опрос.</i>

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
	<p>научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований.</p> <p>ПК-3. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.</p>	<p>методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p> <p>ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>	<p>полезных ископаемых, горнотехнических объектов и технологических процессов.</p>	<p>геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических работ.</p>	<p>производственных задач.</p>	

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
Тема 3. Общие представления горных породах.	<p>ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований.</p> <p>ПК-3. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.</p>	<p>ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-2.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p> <p>ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>	параметры состояния горных пород и породных массивов в их естественном залегании.	оценивать влияние свойств горных пород и строительных материалов, а также состояния породного массива на выбор технологии и механизации разработки месторождений полезных ископаемых.	способностью самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований.	Практическая работа. Доклад с презентацией. Групповая дискуссия
Тема 4. Магматические горные породы.	<p>ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-</p>	<p>ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-2.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и</p>	закономерности изменения свойств горных пород и породных массивов под воздействием	определять в полевых и лабораторных условиях глубинные интрузивные и эффузивные	способностью участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов,	Практическая работа. Контрольная Работа № 1. Групповая дискуссия.

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
	исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований. ПК-3. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.	представления полевой геологической информации. ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности. ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации. ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.	физических полей. Методику пересчета химического состава различных пород магматического происхождения на числовые характеристики.	магматические горные породы. Выполнять петрохимические пересчеты для пород нормального ряда; для пород, пересыщенных глиноземом и для пород, пересыщенных щелочами.	рефератов, библиографий по тематике научных исследований и при подготовке публикаций. Принципом объединения химических элементов в группы по их одинаковой роли в составе породообразующих минералов и вести расчеты не по молекулярным отношениям окислов, а по отношению чисел атомов элементов.	
Тема 5. Метаморфические горные породы.	ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований. ПК-3. Способен в	ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки. ПК-2.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации. ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.	основные методы определения свойств горных пород и породных массивов в лабораторных и натуральных условиях, а также системы автоматизированного проектирования.	определять степень метаморфических преобразований осадочных и магматических горных пород и массивов. Различать РТ-параметры различных метаморфических фаций.	способностью работать на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании..	Практическая работа. Контрольная работа № 2. Решение задач. Групповая дискуссия.

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
	составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.	<p>ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>				
Тема 6. Петрология планет, спутников и других тел Солнечной системы.	<p>ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований.</p> <p>ПК-3. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации,</p>	<p>ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-2.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p> <p>ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и</p>	вещественный и минералогический состав горных пород, слагающих планеты . спутники , астероиды, метеориты и другие тела Солнечной системы.	использовать накопленный человечеством за последние десятилетия фактический материал по другим планетам и телам Солнечной системы для решения ресурсных и энергетических проблем нашей планеты.	основными методиками определения свойств горных пород не только на Земле, но и на ближайших к нам планетах и спутниках Солнечной системы.	<p>Практическая работа.</p> <p>Доклад с презентацией.</p> <p>Групповая дискуссия.</p> <p>Устный опрос.</p>

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Индикаторы компетенции	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
			Знать:	Уметь:	Владеть:	
	составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.	представления полевой геологической информации. ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.				

4.1 За устный опрос на понимание терминов выставляются баллы

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов за ответы	0	1	2

4.2 За доклад с презентацией выставляются баллы

Баллы	Характеристики выступления обучающегося
5	<ul style="list-style-type: none">– студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;– делает выводы и обобщения;– свободно владеет понятиями
3	<ul style="list-style-type: none">– студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;– не допускает существенных неточностей;– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;– аргументирует научные положения;– делает выводы и обобщения;– владеет системой основных понятий
1	<ul style="list-style-type: none">– тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент усвоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;– допускает несущественные ошибки и неточности;– испытывает затруднения в практическом применении знаний;– слабо аргументирует научные положения;– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;– частично владеет системой понятий
0	<ul style="list-style-type: none">– студент не усвоил значительной части проблемы;– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;– испытывает трудности в практическом применении знаний;– не может аргументировать научные положения;– не формулирует выводов и обобщений;– не владеет понятийным аппаратом

4.3 За решение задач выставляются баллы

5 баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

4 балла выставляется, если студент выполнил не менее 90% рекомендованных задач, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла выставляется, если студент выполнил не менее 80% рекомендованных задач, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла выставляется, если студент выполнил не менее 70% рекомендованных задач, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

1 балл выставляется, если студент выполнил не менее 60% рекомендованных задач.

0 баллов - если студент выполнил менее 50% рекомендованных задач.

4.4 За подготовку реферата выставляются баллы

Баллы	Характеристики ответа студента
5	<ul style="list-style-type: none">- студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;- делает выводы и обобщения;- свободно владеет понятиями.
3	<ul style="list-style-type: none">- студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;- не допускает существенных неточностей;- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;- аргументирует научные положения;- делает выводы и обобщения;- владеет системой основных понятий.
1	<ul style="list-style-type: none">- тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент усвоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;- допускает несущественные ошибки и неточности;- испытывает затруднения в практическом применении знаний;- слабо аргументирует научные положения;- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;- частично владеет системой понятий.
0	<ul style="list-style-type: none">- студент не усвоил значительной части проблемы;- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;- испытывает трудности в практическом применении знаний;- не может аргументировать научные положения;- не формулирует выводов и обобщений;- не владеет понятийным аппаратом.

4.5 За выполнение контрольной работы выставляются баллы

Баллы	Содержание работы
10	<ul style="list-style-type: none">- содержание работы соответствует выданному заданию;- контрольное задание выполнено уверенно, логично, последовательно и грамотно;- все расчеты сделаны без ошибок;- выполненная графика соответствует стандартным требованиям;- выводы и обобщения аргументированы;- ссылки на литературу соответствуют библиографическим требованиям.
5	<ul style="list-style-type: none">- основные требования к работе выполнены, но при этом допущены некоторые недочёты;- имеются неточности в стиле изложения материала;- имеются упущения в оформлении графики.
1	<ul style="list-style-type: none">- работа выполнена на 50%;- имеются существенные отступления от требований к оформлению графических материалов и текста;- допущены ошибки в расчетах;- отсутствует логическая последовательность в выводах;- отсутствуют ссылки на литературные источники.
0	<ul style="list-style-type: none">- обнаруживается полное непонимание сути выполняемой работы;- имеется большое количество грубейших ошибок;- отсутствуют практические навыки и теоретические знания предмета.

4.6 За выполнение задания на составление глоссария и опорного конспекта выставляются баллы

Критерии оценки	Количество баллов
1 Содержание глоссария соответствует темам изучаемой дисциплины. Термины расположены в алфавитном порядке.	5
2. Опорный конспект отвечает предъявляемым требованиям и включает все пройденные темы. Грамотно изложен текст, аккуратно оформлены все иллюстрации и рисунки к тексту.	5
Итого:	10 баллов

4.7 За участие в групповой дискуссии выставляются баллы

Процент правильных ответов	До 50	>50
Количество баллов за ответы	0	1

5. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

5.1 Типовое тестовое задание на понимание терминов

Ниже приводятся определения важнейших терминов по данной теме. Выберите правильное определение для каждого термина из списка:

1. Аплиты.
2. Апофиза.
3. Астроблемы.
4. Березит.
5. Бластомилониты.
6. Гипабиссальные интрузии.
7. Грейзен.
8. Диагенез.
9. Железная шляпа.
10. Зона окисления.
11. Изоморфизм.
12. Импациты.
13. Катазона.
14. Кливаж.
15. Коматииты.
16. Лампроит.
17. Латериты.
18. Ликвация.
19. Материнская интрузия.
20. Региональный метаморфизм).
21. Метасоматоз (метасоматиты).
22. Милониты.
23. Олистростромы.
24. Офиолиты.
25. Перидотиты.
26. Письменный гранит (еврейский камень).
27. Рудокласты.
28. Седиментогенез.
29. Тектиты.
30. Штокверки.

А – рудные тела различной формы, сложенные рудами с прожилково-вкрапленными текстурами.

Б – породы с признаками проплавления и ударных трещин, образованные в результате космоударных явлений.

В – стадия накопления осадочного материала.

Г – обломки и катуны колчеданной и другой руды в вулканогенно-осадочных отложениях.

Д – горная порода с пегматитовой структурой.

Е – оливиновые (до 90%) породы с пироксеном и роговой обманкой с примесью хромшпинелида, граната, ильменита, анортита, флогопита, корунда и др.

Ж – комплекс метаморфизованных ультраосновных и основных пород и глубоководных отложений, интерпретируемый как образование океанической земной коры.

З – хаотические скопления переотложенных обломков и крупных глыб более древних пород (олистолитов), формирующиеся во время оползней по склону бассейнов (океаническому и др.) в связи с активными поднятиями и повышенной активной сейсмичностью.

И – породы (тектониты), перетёртые в зонах разломов до глинистого размера.

К – всякое замещение горной породы, при котором растворение старых минералов и отложение новых происходит почти одновременно так, что в течение процесса замещённые горные породы всё время сохраняют твёрдое состояние.

Л – формируется над зонами гранитизации в областях гранитогнейсовых куполов.

М – интрузия, которая предполагается как расплав, генерировавший пегматит.

Н – процесс разделения жидкости на две или более несмешивающиеся жидкие фазы; магматическая ликвация – такое же разделение алюмосиликатных, сульфидных, карбонатных или фосфатных расплавов.

О – бокситоносные красноцветные породы кор выветривания тропических зон, состоящие в основном из каолинита, гиббсита, галлуазита, оксидов железа, магнетита и оксида титана.

П – щелочно-ультраосновная порода эффузивного облика, содержащая оливин, диопсид, флогопит, лейцит или санидин, щелочной амфибол (рихтерит) и алмаз.

Р – ассоциация метаморфизованных вулканических и субвулканических пород ультраосновного, основного и среднего состава, образованных в субмаринных условиях и слагающих древнейшие архейские зеленокаменные пояса на щитах древних платформ.

С – система однонаправленных мелких трещин, может иметь породное (например, по напластованию) и тектоническое (например, по осевой поверхности складок) происхождение.

Т – самые глубинные уровни метаморфического и тектонического преобразования вещества земной коры, где преобладают вязко-хрупкие и вязкие деформации.

У – породы, образованные космоударным путём.

Ф – явления замещения однотипных ионов одних элементов в кристаллах другими без изменения минерального вида.

Х – приповерхностные преобразования рудных залежей, обусловленные окислением, гидратацией, растворением и выщелачиванием составляющих их минералов.

Ц – верхняя часть окисления сульфидных рудных тел, состоящая в основном из гидроксидов железа.

Ч – стадия преобразования обводнённого, обычно илистого осадка в осадочную горную породу, происходящая на дне водоёмов.

Ш – кварц-слюдистая (биотит, мусковит, цинвальдит, лепидолит) порода с заметным количеством флюорита, топаза, турмалина и берилла.

Щ – массивы, застывшие недалеко (1,5 – 3 км) от поверхности Земли.

Ы – тонко- и микрозернистые породы, имеющие флюидальную текстуру и образованные в результате бластеза.

Ъ – метасоматическая порода, состоящая из кварца, серицита, железистого кальцита (анкерита), хлорита и пирита.

Э – округлые депрессии кратерного вида, которые имеют признаки космоударного происхождения.

Ю – вытянутая часть (ответвление) интрузии, дайки или жилы.

Я – породы коры выветривания, содержащие свободные гидроксиды железа, алюминия и минералы группы каолинита.

Ключ: Я-1, Ю-2, Э-3, Ъ-4, Ы-5, Щ-6, Ш-7, Ч-8, Ц-9, Х-10, Ф-11, У-12, Т-13, С-14, Р-15, П-16, О-17, Н-18, М-19, Л-20, К-21, И-22, З-23, Ж-24, Е-25, Д-26, Г-27, В-28, Б-29, А-30.

5.2 Типовые задачи с решением

Успешному изучению теоретических основ дисциплины и применению полученных знаний на практике в значительной мере способствует решение задач и примеров, как при групповом обучении, так и при самостоятельной, индивидуальной работе. Студентам в течение семестра преподавателем предлагаются для решения различные задачи по геологическим исследованиям, выполняемым при поисках и разведке полезных ископаемых.

Этап поисковых работ как правило делится на две стадии: 1) поиски и 2) поисково-разведочные (оценочные) работы. Поиски ставятся в пределах крупных геологических структур и районов, перспективных в отношении выявления месторождений полезных ископаемых, характерных для данной геологической обстановки. Основой поисков является знание геологического строения исследуемой территории.

Рассмотрим для примера ход решения нескольких практических задач.

Задача 1.

Участок площадью 50 кв. км сложен ультраосновными породами: дунитами и перидотитами, а также габбро; в северо-западной части располагаются более молодые граниты, а в юго-западной – породы флишевой фации, представленные переслаивающимися глинистыми сланцами и песчаниками. В центральной части участка проходит разлом северо-восточного простирания. В отдельных участках и особенно вблизи разлома ультраосновные породы серпентинизированы; в элювиально-делювиальных и аллювиальных отложениях встречены обломки пород с хромитом и хризотил-асбестом (см. рисунок 1). Мощность рыхлых отложений 3-5 м, а в некоторых местах до 10 м.

Требуется:

1. Определить, какие полезные ископаемые могут быть обнаружены на данной территории.
2. Выделить наиболее перспективные площади для поисков полезных ископаемых.
3. Выбрать и обосновать наиболее рациональные методы поисков.
4. Определить масштаб и изложить методику поисков.

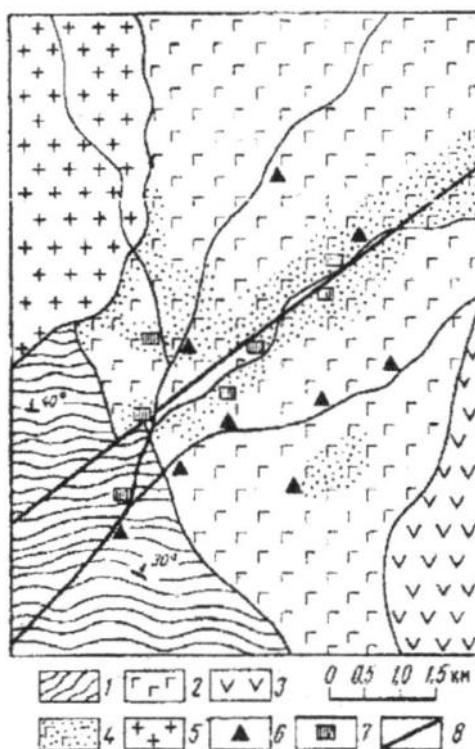


Рисунок 1. Геологическая карта участка.

1 - песчано-глинистые отложений, 2 - дуниты и перидотиты; 3- габбро; 4- серпентиниты; 5 - граниты; 6- находки хромита; 7- находки хризотил-асбеста; 8- разлом.

Ход решения:

1. Проанализировать геологические предпосылки и поисковые признаки и на основании этого оконтурить наиболее перспективные площади для поисков определённых полезных ископаемых.
2. Составить схематическую геологическую карту соответствующего масштаба и на ней показать направление и густоту поисковой сети.
3. Составить сводную таблицу необходимых поисковых работ.

Задача 2.

Во время строительства дороги в районе пункта 5 (см. рисунок 2) в моренных отложениях на глубине 2 м найден валун бурого железняка. В нем обнаружены реликты сульфидов, среди которых установлены пирротин, халькопирит и пентландит.

В дорожной выемке (пункт 1) найден валун оливинитов, содержащий вкрапленность пирротина, марказита, халькопирита и пентландита. Вкрапленность сульфидов ориентирована в виде вытянутых цепочек и струй. Суммарное содержание сульфидов 10—20%.

В пунктах 2—5 на коренных породах наблюдаются отчетливо выраженные ледниковые борозды, имеющие следующие азимуты направления: п. 2=130°, п. 3 = 160°, п. 4=135°, п. 5=170°.

Вся территория покрыта ледниковыми отложениями мощностью до 30 м.

Требуется:

1. Исходя из условий задачи, определить вероятный геолого-промышленный тип месторождения и его местоположение.
2. Выбрать и обосновать рациональные методы поисков; обосновать направление и густоту поисковой сети.
3. Предусмотреть необходимые работы для перспективной оценки объекта.
4. Составить таблицу объемов поисковых работ.



Рисунок 2. Схематическая геологическая карта.

1 — оливиниты; 2 — пироксениты; 3 — габбро-нориты; 4 — архейские гнейсы; 5 — микроклиновые граниты; 6 — нерасчлененные нижнепалеозойские отложения, залегающие трансгрессивно; 7 — контакты между породами (установленные и предполагаемые).

Ход решения:

1. При определении типа месторождения использовать состав рудных минералов и оруденелой горной породы.
2. По геологической карте с учетом ориентировки ледниковых шрамов определить вероятное местоположение коренного месторождения.

Задача 3.

Складчатая область Казахского нагорья располагается во внутренней части Урало-Монгольского пояса и характеризуется наличием двух взаимосвязанных дугообразных, выпуклых к северо-западу разновозрастных складчатых систем – каледонской и «вложенной» в неё герцинской.

Главными структурными зонами Казахского нагорья являются: 1) подковообразная в плане Казахстанская каледонская складчатая система и 2) расположенная внутри этой «подковы» Джунгаро-Балхашская герцинская складчатая система. К границе между ними приурочен выделенный А.А. Богдановым и др. (Тектоника Евразии, 1962) краевой вулканоплутонический пояс девонского возраста (см. рисунок 3).

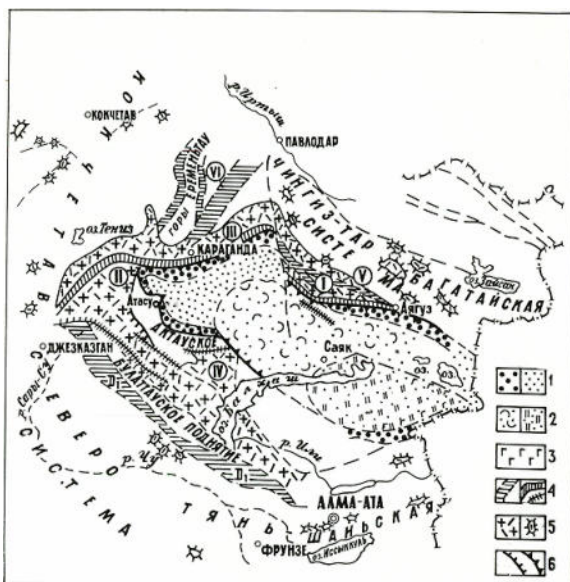


Рисунок 3. Расположение зон девонского вулканизма в Центральном Казахстане.

1-3 – морские отложения Джунгаро-Балхашского прогиба: 1 – прибрежные молассовые пестроцветные (а) и морские терригенные сероцветные (б); 2 – туфо-терригенные (а) и терригенно-кремнистые (б); 3 – терригенные и базальты; 4 – зоны базальтового вулканизма: ранне-девонского (а), живетского (б); 5 – зона гранито-риолитового магматизма (девонский пояс – а), вулканические структуры на поднятиях (б); 6 – границы: герцинской геосинклинали (а), девонского пояса (б).

Казахстанская каледонская складчатая система обладает многоярусной складчатой структурой, сформированной в итоге нескольких этапов деформаций. В ней различают две главные дугообразно изогнутые структурно-формационные мегазоны. (см. рисунок 4).

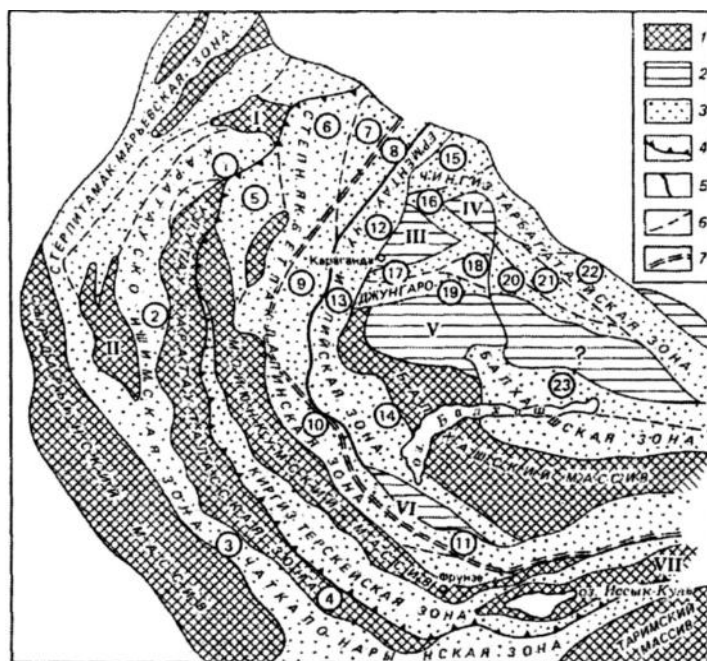


Рисунок 4. Каледонские тектонические зоны Казахского нагорья и Северного Тянь-Шаня (по Ю. А. Зайцеву и др., 1984, с изменениями):

1 — срединные остаточные массивы — размывавшиеся и перекрытые маломощным чехлом преимущественно карбонатных пород; 2 — гипотетические глубокопогруженные массивы; 3 — геосинклинальные прогибы; 4 — граница мезогеосинклинальной Кокчетавско-Каратауской (на западе) и эвгеосинклинальной Казахстанско-Северотяньшаньской мегазон; 5 — границы структурно-фациальных зон; 6 — границы подзон; 7 — граница раннекаледонской (на западе) и позднекаледонской (на востоке) складчатых подсистем. Массивы: I — Кокчетавский, II — Южно-Тургайский, III — Верхнешидертинский, IV — Александровский, V — Жаман-Сарысуыйский, VI — Бельтауский, VII — Иссык-Кульский. Структурно- фациальные подзоны (цифры в

кружках); 1 — Калмыккульская; 2 — Байконурская; 3 — Большого Каратау; 4 — Малого Каратау; 5 — Кирейская; 6 — Степнякская; 7 — Ишкеольмеская; 8 — Селетинская; 9 — Сарысу-Тенизская; 10 — Джалаир-Найманская (сев. часть); 11 — ее южная часть; 12 — Ерментау-Ниязская; 13 — Атасуйская; 14 — Западно-Балхашская; 15 — Бошекульская; 16 — Майкаин-Восточночингизская; 17 — Байдаулетовская; 18 — Машакская; 19 — Тектурмаская; 20 — Причингизская; 21 — Западно-Чингизская; 22 — Центральночингизская; 23 — Северо-Балхашская.

В западной, Кокчетав-Каратаусской мегазоне, которую можно считать мезогеосинклинальной, каледонский этаж выражен в основном осадочными (кремнисто-карбонатно-терригенными) толщами при подчиненной роли вулканитов. Эта мегазона в каледонском этапе, несомненно, развивалась на допозднерифейской континентальной коре, подвергшейся лишь некоторой деструкции. В восточной, типично эвгеосинклинальной мегазоне, значительно большую роль в разрезе нижнего палеозоя играют толщи основных и средних вулканитов, а в ряде зон — также офиолитовые комплексы и олистостромовые толщи. В этой мегазоне в раннем палеозое растяжение и деструкция древней континентальной коры были более значительными, и в результате раздвигов этой коры возникла либо широкая зона с корой океанического типа, либо, что более вероятно, ряд более узких троговых зон с океанической корой, разделенных блоками континентальной коры. В дальнейшем эти «океанические» трогии подверглись наиболее интенсивным деформациям сжатия и были «закрыты». Вероятно, по последним представлениям (Аплонов, 2000) их можно считать «несостоявшимися океанами». В сложившемся к концу каледонского цикла структурном плане на их былое существование указывают лишь офиолитовые зоны сложного покровно-надвигового строения (Бошекульская, Майкаинская, Джалаир-Найманская и др.).

В фаменском веке позднего девона и начале карбона большая часть каледонской складчатой системы была перекрыта чехлом мелководно-морских терригенно-карбонатных отложений, наиболее мощных в районе Сарысу-Тенизского водораздела. Впоследствии, в связи с его воздыманием появилась система коробчатых горст-антиклинальных и грабен-синклинальных складок и возникли рифтоподобные структуры типа Жаильминской мульды в Атасуйском рудном районе.

Задание для самостоятельной работы

Найдите на предложенной карте (рис.2) Атасуйскую структурно-фациальную подзону и объясните с тектонических позиций её уникальную рудоносность.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие события произошли 2,5 млрд лет назад?
2. Чем характерен переход от протерозоя к фанерозою?
3. На какие эры делится фанерозойский эон?
4. Где расположен девонский вулканоплутонический пояс Казахского нагорья?
5. Чем отличается эвгеосинклиналь от миогеосинклинали?
6. Какие полезные ископаемые находятся в Атасуйском рудном районе?

5.3 Темы докладов

Согласно приведенному ниже перечню тем докладов и рефератов, студенты готовят и сообщают на практических занятиях и на научно-практических конференциях свои самостоятельные работы. В примерный перечень тем включены главным образом те разделы дисциплины, по которым проводятся контрольные работы и практические занятия.

Литературные источники для выполнения самостоятельных работ приведены в разделе 6 рабочей программы.

Примерная тематика докладов

1. Элементы кристаллографии.

2. Физические свойства минералов.
3. Классификация минералов.
4. Структурные особенности и систематика подкласса силикатов.
5. Классификация горных пород по генезису. Осадочные горные породы.
6. Магматические горные породы.
7. Метаморфические горные породы. Факторы и виды метаморфизма.

5.4 Темы рефератов

1. Общие понятия о магме.
2. Геология магматических тел.
3. Распространенность магматических горных пород в земной коре.
4. Структуры и текстуры магматических пород.
5. Химизм и минеральный состав магматических пород.
6. Классификация магматических пород по щелочности, кремнекислотности, фациям глубинности и минеральному составу.
7. Ультраосновные магматические породы. Их состав, условия образования и распространенность.
8. Основные магматические породы.
9. Средние магматические породы.
10. Кислые магматические породы.
11. Щелочные магматические породы фельдшпатоидные и безфельдшпатоидные.
12. Роль метаморфических пород в строении земной коры.
13. Представления о минеральных фациях метаморфизма. Прогрессивный и регрессивный метаморфизм.
14. Структуры и текстуры метаморфических пород как показатели условий метаморфизма и как факторы, влияющие на физические свойства горных пород.
15. Главнейшие метаморфические минералы и поля их термодинамической устойчивости. Метапелиты и метабазигы.
16. Главные типы метаморфизма.
17. Катакластический метаморфизм и автометаморфизм.
18. Контактный (термальный) метаморфизм.
19. Региональный метаморфизм.
20. Ультраметаморфизм.
21. Метасоматоз.

5.5 Контрольные работы

Контрольные работы подводят итог изучению основных разделов дисциплины. Ниже, в качестве примеров, приводится примерный ход выполнения контрольных работ.

Самостоятельная работа студента предполагает кропотливую работу с научной и учебно-методической литературой. Перечень необходимой литературы для выполнения контрольных работ приводятся в разделе 6 настоящей программы и в методических рекомендациях по подготовке к практическим занятиям и контрольным работам. В контрольные задания вошли следующие темы:

Контрольная работа № 1. Тема 4: «*Магматические горные породы*».

Контрольная работа № 2. Тема 5: «*Метаморфические горные породы*».

Контрольная работа №1

Для сравнения состава магматических пород и отображения его графическим способом или в виде числовых характеристик выполняются петрохимические пересчеты, основанные на объединении окислов в те или иные группы. Петрохимические пересчеты стали разрабатываться ещё в позапрошлом веке и к настоящему времени известно более десятка методов. Наиболее популярным в нашей стране является метод А.Н. Заварицкого.

Числовые характеристики, получаемые в результате пересчета этим методом, отражают главные особенности химизма пород. Это позволяет использовать их для систематики магматических пород.

О химическом составе горных пород мы обыкновенно судим на основании цифр валового анализа породы. Эти цифры дают нам отношение между разными окислами (в весовых процентах), которые легко можно пересчитать в молекулярные или атомные количества. К таким пересчетам прибегают для того, чтобы удобнее было сопоставлять отношения компонентов горной породы с особенностями ее минерального состава. Пересчеты эти несложные, они требуют всего нескольких минут времени, особенно если пользоваться для этого специальными таблицами. Если вспомнить, что для производства химического анализа силикатной горной породы надо затратить около недели, то становится ясным, что даже гораздо более сложные пересчеты, чем те, которые употребляются, оправдывают себя и помогают лучше разобраться в химических особенностях той или иной магматической породы.

По этой методике в приближенных расчетах химического состава горных пород обычно учитываются лишь следующие характерные для магматической породы отношения между элементами: Si : Al : Fe : Mg : Ca : Na : K. При этом незначительное количество Mn обычно присоединяют к Fe, а Ti - условно к Si.

Чтобы в этой группировке отразить наиболее характерные свойства вещественного состава породы следует принять лишь те, которые одинаково ясно отражаются и в их химическом, и в минеральном составе. Такими признаками являются прежде всего:

1. Отношения между силикатными и феррическими частями горной породы. Важность его вытекает из глубокого различия между химизмом алюмосиликатов и простых силикатов. Этим отношением определяется общий облик породы, выражающийся в отношении легких и светлых составных частей к тяжелым и темным.

2. Вторым существенным признаком химизма изверженной горной породы является избыток или недостаток в её составе кремнезёма; этот избыток или недостаток определяет появление таких симптоматических минералов, как кварц, оливин или фельдшпатыды. Но часто бывает, что в составе породы нет ни избытка, ни недостатка кремнезема.

3. Далее, чрезвычайно важным классификационным признаком химического и минерального состава горной породы является характер полевых шпатов, т.е. характер силикатных алюмосиликатных частей состава, именно – соотношение щелочных алюмосиликатов и алюмосиликата извести.

4. И, наконец, особенности как щелочных алюмосиликатов, так и простых силикатов являются также характерными признаками горной породы и ее минерального состава.

Все эти особенности и другие признаки химизма горной породы выступают очень отчетливо, когда из указанных выше отношений атомов семи главных составных частей горной породы, мы вычислим новые отношения. Для этого заменим непрерывный ряд отношений несколькими группами отношений из четырех и менее чисел. Это будет основная числовая характеристика и дополнительные.

Основная числовая характеристика выражается отношением четырех чисел:

$$a:c:b:s,$$

причем $a+c+b+s = 100$.

Основные и дополнительные характеристики выражают главные особенности химико-минерального состава пород: 1) об отношении феррических и силикатных составных частей породы можно судить по параметрам b , a , c ; 2) об избытке или недостатке кремнезема – по величине s и по дополнительной числовой характеристике Q ; 3) об относительном количестве силикатных составных частей – по отношению a и c , отражающих отношения щелочных полевых шпатов и анортита; 4) особенности простых силикатов и щелочных алюмосиликатов выражаются дополнительными числовыми характеристиками f' , m' , c' , a' , n , K : Na.

Изложив принципы образования числовых характеристик, приведем примеры и порядок их подсчетов для магматических пород:

- I. – нормального ряда;
- II. – пересыщенных глиноземом и
- III. – пересыщенных щелочами.

В таблице 1 приводится пример пересчета для породы нормального ряда (*рапакиви, Южная Карелия*).

Таблица 1

I. Пересчет породы нормального ряда

Окислы	Вес. %	Мол. кол-ва	Порядок вычисления
SiO ₂	74,87	1246	$S = 1246 + 5 = 1251$ $C = 108 - 83 = 25$ $B = 9 + (10 \cdot 2 + 38 + 1) + (29 - 25) = 72$ $A = (37 + 46) \cdot 2 = 166$
TiO ₂	0,36	005	
Al ₂ O ₃	11,02	108	
Fe ₂ O ₃	1,62	010	
FeO	2,74	038	
MnO	0,06	001	
MgO	0,37	009	
CaO	1,62	029	
Na ₂ O	2,32	037	
K ₂ O	4,28	046	
H ₂ O ⁺	0,82		
H ₂ O ⁻	0,14		
С.умма . . .	100,22		$A + B + C + S = 1515$

Основные числовые характеристики:

$$a = \frac{166}{1515} \cdot 100 = 10,9; \quad b = \frac{72}{1515} \cdot 100 = 4,8; \quad c = \frac{25}{1515} \cdot 100 = 1,6;$$

$$S = \frac{1251}{1515} \cdot 100 = 82,7; \quad Q = 82,7 - (10,9 \cdot 3 + 1,6 \cdot 2 + 4,8) = 42.$$

Дополнительные числовые характеристики:

$$f' = \frac{59}{72} \cdot 100 = 82,1; \quad m' = \frac{9 \cdot 100}{72} = 12,5; \quad c' = \frac{4 \cdot 100}{72} = 5,4;$$

$$n = \frac{2 \cdot 10 \cdot 100}{72} = 27,7; \quad n = \frac{37 \cdot 2}{166} \cdot 100 = 44,5; \quad t = \frac{5}{1251} \cdot 100 = 0,39;$$

$$Na : K = 37 : 46 = 1 : 1,3.$$

II. Порядок пересчета для пород, пересыщенных Al₂O₃

(Al₂O₃ > Na₂O + K₂O + CaO)

Для них порядок пересчета отличается от такового для пород нормального ряда:

1) величине *c* будет соответствовать все количество CaO, так как эти породы пересыщены глиноземом;

2) избыток глинозема, обозначаемый Al₂O₃' , оставшийся после образования всех полевых шпатов и равный Al₂O₃ – (K₂O+Na₂O+CaO), удваивается и присоединяется к *B*; соответственно величина $B = MgO + FeO' + 2 Al_2O_3'$, где 2 Al₂O₃' отвечает количеству атомов Al, входящих в состав простых силикатов;

3) вместо параметра *c'* вводится

$$a' = \frac{2Al_2O_3'}{B} \cdot 100.$$

В таблице 2 приведен пример пересчета породы, пересыщенной Al₂O₃ (*гранит, Казахстан*).

Основные числовые характеристики:

$$a = 204/1518 \times 100 = 13,44; \quad b = 43/1518 \times 100 = 2,84; \quad c = 17/1518 \times 100 = 1,12; \quad s = 1254/1518 \times 100 = 82,60; \quad Q = 82,60 - (13,44 \times 3 + 1,12 \times 2 + 2,84) = 37,20.$$

Дополнительные числовые характеристики:

$$a' = 16/43 \times 100 = 37,30; f' = 20/43 \times 100 = 46,51; m' = 7/43 \times 100 = 16,19; n = 2 \times 45/102 \times 100 = 44,1; \varphi = 12/43 \times 100 = 27,89; t = 1/1254 \times 100 = 0,09; \text{Na} : \text{K} = 45:57 = 1:1,3.$$

Таблица 2

Пересчет породы, пересыщенной глиноземом

Окислы	Вес. %	Мол. кол-ва	Порядок вычисления
SiO ₂	75.24	1253	$S = 1253 + 1 = 1254$
TiO ₂	0.12	001	$Al_2O_3' = 127 - 102 - 17 = 8$
Al ₂ O ₃	12.97	127	$8 \cdot 2 = 16$
Fe ₂ O ₃	0.99	006	$B = 7 + (6 \cdot 2 + 8) + 16 = 43$
FeO	0.56	008	$C = 17$
MnO	Следы	—	$A = (57 + 45) \cdot 2 = 102 \cdot 2 = 204$
MgO	0.28	007	
CaO	0.96	017	
K ₂ O	5.42	057	
Na ₂ O	2.78	045	
H ₂ O	0.10	—	
П. п. п.	0.29	—	
Сумма . . .	99.71		$A + B + C + S = 1518$

III. Порядок пересчета для пород пересыщенных щелочами



Рассмотрим лишь те особенности вычисления, которые отличаются от вычислений для пород нормального ряда.

1) Судить о количестве алюмосиликатов щелочей приходится по содержанию в породе Al₂O₃, поскольку он весь пойдет на их образование. Количество атомов Na₂O + K₂O, идущих на построение алюмосиликатов щелочей, эквивалентно содержанию глинозема. Следовательно, $A = 2Al_2O_3$.

Избыток щелочей (Na), оставшийся после образования щелочных алюмосиликатов и обозначаемый Na₂O', войдет в эгирин; $Na_2O' = (K_2O + Na_2O) - Al_2O_3$.

2) Вводится основная характеристика $\bar{C} = 2Na_2O' = (K_2O + Na_2O - Al_2O_3) \times 2$. Она показывает количество атомов натрия, входящих в эгирин. Характеристика \bar{C} заменяет c , ибо анортит в этих породах отсутствует.

3) $B = CaO + MgO + FeO' - \bar{C}$; FeO' уменьшают на \bar{C} , так как эквивалентное ему количество атомов железа пойдет на образование эгирина.

4) Некоторые изменения вносятся в вычисление $f' = \frac{FeO' - \bar{C}}{B} \cdot 100$; $\psi = \frac{2Fe_2O_3 - \bar{C}}{B} \times 100$; $\frac{Na_2O - Na_2O'}{Al_2O_3} \cdot 100$.

дополнительных числовых характеристик: так,

где n показывает отношение входящего в алюмосиликаты натрия (альбит и нефелин), к сумме щелочей, которые идут на построение алюмосиликатов (Na и K); эта сумма эквивалентна Al₂O₃, поэтому величину Na₂O - Na₂O' и приходится делить на молекулярное количество Al₂O₃.

Дополнительные характеристики m , c , t , Na : K вычисляются так же, как для пород нормального ряда.

В таблице 3 приведен пример пересчета породы, пересыщенной щелочами (*хибинит*, *Часначорр*).

Основные числовые характеристики:

$$a = \frac{404}{1444} \cdot 100 = 27,9; \quad b = \frac{103}{1444} \cdot 100 = 7,1; \quad \bar{c} = \frac{24}{1444} \cdot 100 = 1,6;$$

$$s = \frac{913}{1444} \cdot 100 = 63,4; \quad Q = 63,4 - (27,9 \cdot 3 + 1,6 \cdot 2 + 7,1) = -30,6.$$

Дополнительные числовые характеристики

$$f' = \frac{50}{103} \cdot 100 = 48,6; \quad m' = \frac{20}{103} \cdot 100 = 19,4; \quad c' = \frac{33}{103} \cdot 100 = 32;$$

$$\varphi = \frac{18}{103} \cdot 100 = 17,4; \quad n = \frac{159 - 12}{202} \cdot 100 = 72,2;$$

$$t = \frac{12}{913} \cdot 100 = 1,3; \quad \text{Na} : \text{K} = 159 : 55 = 3 : 1.$$

Таблица 3

Пересчет породы, пересыщенной щелочами

Окислы	Вес. %	Мол. кол-ва	Порядок вычисления
SiO ₂	54,14	901	$S = 901 + 12 = 913$ $A = 202 \cdot 2 = 404$ $B = 33 + 20 + (2 \cdot 21 + 29 + 3) - 24 = 103$ $\text{Na}_2\text{O}' = (159 + 55) - 202 = 12$ $\bar{C} = 12 \cdot 2 = 24$
TiO ₂	0,95	012	
Al ₂ O ₃	20,61	202	
Fe ₂ O ₃	3,28	021	
FeO	2,08	029	
MnO	0,25	003	
CaO	1,85	033	
MgO	0,83	020	
Na ₂ O	9,87	159	
K ₂ O	5,25	055	
H ₂ O	0,78	—	
Сумма . . .	99,89		$A + B + \bar{C} + S = 1444$

Для графического изображения основных числовых характеристик применяется прямоугольный тетраэдр *ACSB*. В этом тетраэдре прямые углы расположены при вершине *S*, которая служит началом координат. Длина ребер *SA*, *SB*, *SC* равновелика, $SA = SB = SC = a + b + c + s = 100$ (см. рисунок 1, *a*).

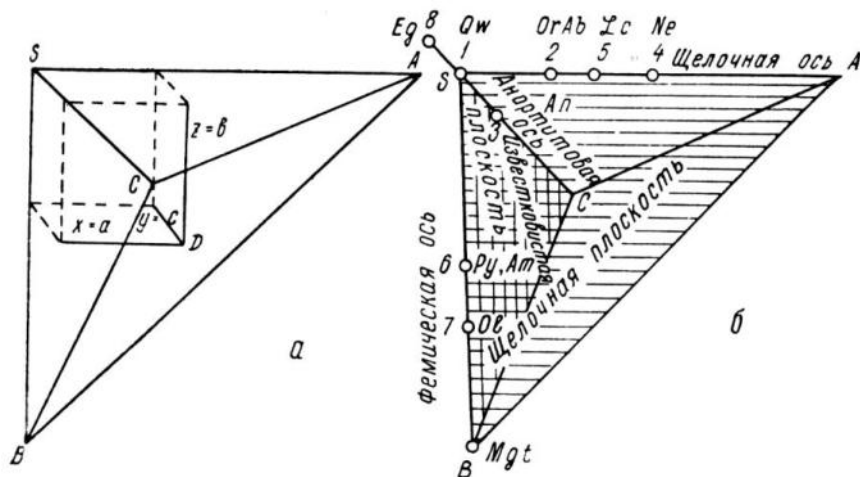


Рисунок 5. Прямоугольный тетраэдр для графического изображения числовых характеристик (а), расположение плоскостей, осей и проекций породообразующих минералов в тетраэдре (б).

Контрольная работа №2

В качестве примера приведем ход выполнения контрольной работы по определению абсолютного возраста слюды из раннепротерозойских *метаморфических пород* с месторождения Риколатва (Кольский полуостров).

Для определения возраста горных пород в годах применяются различные геохронологические методы, основанные на едином *законе радиоактивного распада*, согласно которому число атомов радиоактивного изотопа, распадающихся в единицу времени, пропорционально имеющемуся в данный момент общему количеству атомов этого изотопа:

$$dN/dt = -\lambda N, \quad (1)$$

где N – число атомов радиоактивного изотопа, имеющихся в наличии в момент t , а λ – постоянная распада. Период полураспада радионуклида – это период времени, в течение которого распадается половина его атомов, существовавших в момент времени $t = 0$.

$$t = \ln 2 / \lambda = 0,69315 / \lambda \quad (2)$$

На константы распада не влияют ни физические условия (высокие температуры и давления), ни химическое состояние вещества (например, тип соединения в минералах). Радиоактивные изотопы, таким образом, играют роль атомных часов, начавших отсчет времени с момента кристаллизации минерала в той или иной породе.

Константы распада наиболее важных для геохронологии радиоактивных изотопов приведены в таблице 4.

Таблица 4. Продукты и константы распада радиоактивных изотопов, используемых в геохронологии

Реакция распада	Постоянная распада, лет ⁻¹	Период полураспада, лет
$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + 8^4\text{He}$	$1,55 \cdot 10^{-10}$	$4,47 \cdot 10^9$
$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb} + 7^4\text{He}$	$9,85 \cdot 10^{-10}$	$7,04 \cdot 10^8$
$^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb} + 6^4\text{He}$	$4,95 \cdot 10^{-11}$	$1,40 \cdot 10^{10}$
$^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$	$1,42 \cdot 10^{-11}$	$4,88 \cdot 10^{10}$
$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}, ^{40}\text{Ca}$	$5,54 \cdot 10^{-10}$	$1,25 \cdot 10^9$

Чтобы понять, каким образом по концентрации радиоактивных изотопов и их дочерних продуктов определить возраст горной породы, рассмотрим простейший случай. Интегрирование выражения (1) по времени

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (3)$$

позволяет выразить число атомов n через число радиоактивных атомов N_0 в момент $t = 0$. Предположим, что в начальный момент времени $t = 0$ в породе содержалось $N_0(P)$ исходных (материнских) радиоактивных атомов и нулевое количество дочерних. Если в течение всей истории существования породы материнские атомы не добавляются к ней и не уносятся из нее, а дочерние атомы возникают только за счет радиоактивного распада, то в момент t в породе будет присутствовать $N(P)$ материнских и $N(D)$ дочерних атомов:

$$N(P) = N_0(P) \cdot e^{-\lambda t}, \quad (4)$$

$$N(D) = N_0(P) - N(P) \quad (5)$$

Исключив из уравнений (4) и (5) величину $N_0(P)$, получим следующее соотношение между числом материнских и дочерних атомов и возрастом породы:

$$N(D) = N(P) [e^{-\lambda t} - 1]. \quad (6)$$

Измерив величины $N(D)$ и $N(P)$ с помощью соотношения (6) можно установить «возраст» породы t в момент её кристаллизации или после её последнего метаморфизма.

На практике используется много разных методов радиологического датирования, использующих распады различных изотопов (см таблицу 4).

В контрольной работе №2 рассматривается калий-аргоновый (K-Ar) метод.

Главное достоинство (K-Ar) метода – это его широкая применимость: калий присутствует почти во всех породах. Кроме того, период полураспада K^{40} всего 1250 млн лет (см. табл. 1): меньше, чем у других долгоживущих изотопов, но сопоставимый с возрастом Земли. Таким образом, (K-Ar) метод можно применять при датировании практически любого геологического объекта, а возможный диапазон колебания возраста составляет $10^4 - 10^9$ лет в зависимости от содержания калия.

Студентам в данной работе предлагается определить возраст слюды в образце с месторождения Риколатва.

По лабораторным анализам слюды установлено, что полное количество калия в образце составляет 4,21%, а отношение аргона-38 к радиогенному аргону-40 равно 0,446. Из этого следует, что действительное число атомов аргона-40 на один грамм образца = $13,58 \cdot 10^{15}$ [атом / г]. Однако число атомов радиоактивного калия-40 составляет лишь 0,0119% от всего количества калия, т.е. на один грамм образца атомов калия-40 приходится: Калий-40 [атом / г] = $0,0421 \cdot 0,000119 \cdot (\text{число Авогадро} / \text{Атомный вес}) = 77,1 \cdot 10^{15}$.

Это означает, что после распада некоторого количества калия-40, в результате которого образовалось $13,58 \cdot 10^{15}$ аргона-40, в образце ещё осталось $77,1 \cdot 10^{15}$ атомов калия-40.

При распаде калия-40 образуется также и кальций-40 (см. рисунок 6) в количестве 8,47 атомов кальция на один атом аргона. Таким образом, во время кристаллизации слюды каждый грамм ее содержал следующее число атомов калия-40:

$$(77,1 \cdot 10^{15}) + (13,58 \cdot 10^{15}) + (8,47 \cdot 13,58 \cdot 10^{15}) \text{ или всего } 205,6 \cdot 10^{15} \text{ атомов.}$$

Распад радиоактивного вещества происходит с постоянной скоростью, однако с уменьшением числа материнских атомов фактическая скорость образования дочерних атомов падает. Здесь процесс происходит аналогично процессу поглощения гамма-лучей, т. е. имеет место экспоненциальная зависимость от времени.

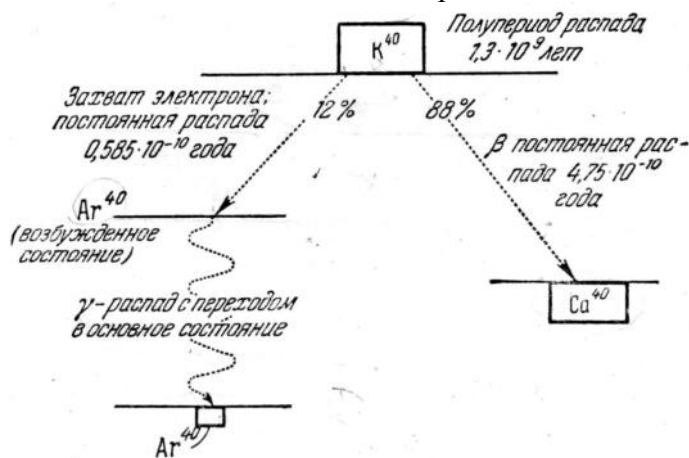


Рисунок 6. В 88 случаях из ста калий-40 претерпевает β распад, при котором образуется кальций-40, а в 12 случаях имеет место захват орбитального электрона и образуется аргон-40. Постоянные распада приведены на рисунке. Это отношение представляет собой

статистическую постоянную и не меняется с течением времени. Диаграмма показывает, что вначале образуется аргон-40 в возбужденном состоянии, который затем, испустив γ -квант, превращается в аргон-40 в основном состоянии.

Рассмотрим этот процесс, пользуясь кривыми рисунка 7. В момент образования кристалла, принятый нами за нулевой, начинается распад калия-40. Процесс распада во времени протекает по экспоненциальной кривой, и количество калия, остающееся в образце, изображается кривой, обозначенной K^{40} .

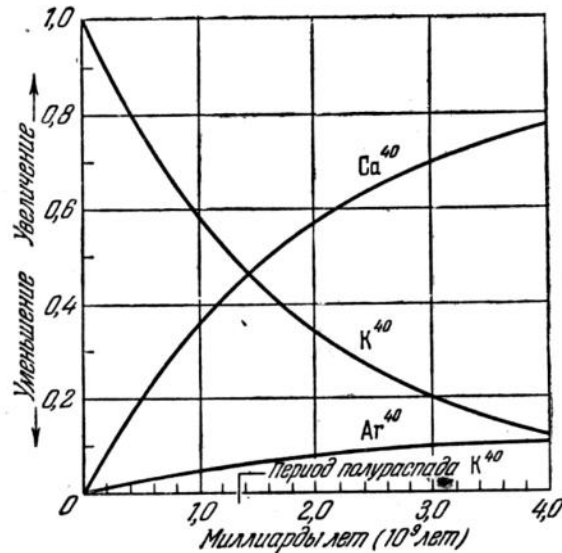


Рисунок 7. Как видно из кривой распада калия-40, процесс подчиняется экспоненциальному закону, причем период полураспада равен $1,31 \cdot 10^9$ лет. Если распад происходит в замкнутой системе, то начнется накопление продуктов распада кальция-40 и аргона-40 в отношении, указываемом другими двумя кривыми. Сумма этих двух изотопов в любое время равна количеству калия-40, претерпевшему распад.

Для проверки отсчитываем по кривой время, истекшее до того момента, когда в образце осталась половина всего количества K^{40} . Оно оказывается равным $1,31 \cdot 10^9$ года, т.е. как раз периоду полураспада K^{40} . Однако в этом же образце образуются, начиная от нуля, также и продукты распада Ca^{40} и Ar^{40} ; общее число их атомов должно равняться числу атомов K^{40} , претерпевших распад и исчезнувших.

В настоящее время известно, что Ar^{40} и Ca^{40} всегда образуются в одном и том же отношении. Иначе говоря, вероятность распада атома K^{40} с образованием атома Ca^{40} за единицу времени есть величина постоянная. И аналогично, вероятность образования атома Ar^{40} путем распада атома K^{40} также равна постоянной величине. Следовательно, отношение обоих продуктов распада всегда остается неизменным. Это позволяет построить кривые Ca^{40} и Ar^{40} таким образом, чтобы их отношение оставалось постоянным и сумма их в любой момент соответствовала бы кривым $Ca^{40} + Ar^{40}$.

Легко видеть, что отношение Ar^{40}/K^{40} изменяется с течением времени. Измерив на образце минерала это отношение, мы можем затем по кривой найти время, протекшее от нулевого времени, когда происходило образование минерала. На практике возраст не берут по кривой, а точно вычисляют. Мы сейчас сделаем это вычисление, чтобы все могли увидеть, как это делается. Пусть M будет число атомов, оставшихся в образце на данный момент времени t , и M_0 — первоначальное число материнских атомов; тогда можно написать, что

$$M = M_0 e^{-\lambda t}$$

где λ — доля общего числа материнских атомов, претерпевающих распад за единицу времени.

Постоянная распада калия-40 равна $5,28 \cdot 10^{-10}$ атомов в год. В нашем случае $M_0 = 205,6 \cdot 10^{15}$ атомов, а $M = 77,1 \cdot 10^{15}$ атомов и мы можем решить наше уравнение относительно t , т.е. узнать время, необходимое для распада такого количества калия. Сначала прологарифмируем наше уравнение и получим:

$$\lg M = \lg M_0 - \lambda \cdot t \cdot \lg e \quad (7)$$

или

$$16 \lg 7,71 = 17 \lg 2,05 - 5,28 \cdot 10^{-10} t \cdot \lg e \quad (8)$$

Из уравнения (7) находим, что:

$$t = (\lg M_0 - \lg M) / \lambda \cdot \lg e = \lg 2,666 \cdot 10^{10} / 2,29152 = 0,426 \cdot 10^{10} / 2,29152 = 1860 \cdot 10^6 \text{ лет.}$$

Таким образом, наша слюда образовалась 1 млрд 860 млн лет назад, т.е. в раннем протерозое.

5.6 Вопросы для подготовки к экзамену.

1. Петрография и ее место в общем комплексе наук о Земле. Роль петрографии в решении проблем геологии. Исторические этапы развития петрографии.

2. Предмет и методы петрографических исследований. Общие представления о горных породах и их классификация (магматические, осадочные, метаморфические).

3. Определение понятий «горная порода», «петрография» и «петрология». Понятие об эндогенных и экзогенных факторах образования горных пород. Практическое значение петрографии и ее связь с горным делом.

4. Оптические свойства минералов и их значение для диагностики и исследования особенностей состава и структуры. Систематика минералов по оптическим свойствам. Оптическая индикатриса и ее положение относительно кристаллографических элементов.

5. Поляризационный микроскоп, его устройство и подготовка микроскопа к работе. Исследование минералов при одном николе. Размеры зерен, их форма и спайность.

6. Относительная величина показателя преломления. Шагреновая поверхность. Рельеф минерала. Световая полоска. Дисперсионный эффект Лодочникова. Окраска минералов.

7. Исследование минералов в скрещенных николях. Интерференция световых волн. Цветовая номограмма Мишель-Леви. Определение порядка интерференционной окраски в шлифе.

8. Определение величины двупреломления. Правило компенсации. Определение наименований осей оптической индикатрисы. Характер погасания, определение угла погасания. Характер удлинения минерала. Плеохроизм и формула абсорбции.

9. Исследование минералов в сходящемся свете. Фигуры интерференции для различных сечений одноосных и двуосных кристаллов. Определение характера дисперсии угла оптических осей.

10. Главнейшие порообразующие минералы (оптические свойства и их связь с составом).

11. Классификация и характеристика главнейших порообразующих, рудных и аксессуарных минералов.

12. Оливины и продукты их изменения.

13. Пироксены (ромбические и моноклинные). Продукты изменения пироксенов.

14. Амфиболы (тремолит, актинолит, зеленая и бурая обыкновенные роговые обманки, базальтическая роговая обманка, арфведсонит и др.).

15. Слюды (мусковит, биотит, флогопит).

16. Плаггиоклазы, состав и законы их двойникования. Определение плаггиоклазов по углам погасания на ориентированных разрезах. Высоко- и низкотемпературные плаггиоклазы.

17. Определение плаггиоклазов в микролитах. Мирмекиты и антипертиты. Вторичные изменения плаггиоклазов (сосюритизация, карбонатизация, альбитизация, эпидотизация, серицитизация и др.).

18. Калиево-натриевые полевые шпаты: высоко- и низкотемпературные. Пертиты и их генезис. Вторичные изменения калиево-натриевых полевых шпатов.

19. Фельдшпатыды. Структурные особенности. Описание типичных минералов (нефелин, лейцит).

20. Понятие о горных породах, как геологических образованиях, представленных парагенезами минеральных и (или) органических компонентов. Условия возникновения (генезиса) и формы залегания горных пород. Определение главнейших групп пород: магматические, осадочные и метаморфические.

21. Структуры и текстуры горных пород как показатели условий их образования и как факторы, влияющие на их физические свойства.

22. Плотность, пористость (открытая и закрытая), влагоемкость, электропроводность, магнитные свойства. Скорости распространения упругих продольных и поперечных волн в горных породах.

23. Общие понятия о магме. Условия возникновения магмы. Магматические расплавы, их свойства и строение. Первичные магмы и дифференциаты. Минералы магматических пород и их плавление под влиянием летучих компонентов H_2O , H_2 , CO_2 (железо-магнезиальные силикаты, полевые шпаты, фельдшпатыды, кварц).

24. Влияние летучих компонентов на кристаллизацию. Кислотно-основное взаимодействие в магматических расплавах. Магматическое замещение, ассимиляция.

25. Процессы магматической дифференциации. Реакционные ряды минералов Боуэна. Ликвация магмы, ее роль в формировании горных пород и связанных с ними рудных месторождений.

26. Геология магматических тел. Распространенность магматических горных пород в земной коре. Фации глубинности, возраст и формы залегания изверженных горных пород.

27. Интрузии кратогенов (интрузии расколов, интрузии, связанные с активностью магмы, согласные и несогласные интрузии) и орогенов (доорогенные, синорогенные и посторогенные интрузии).

28. Структуры магматических пород. Основные понятия, принципы разделения и перечень главнейших структур.

29. Главные типы текстур магматических пород. Первичная отдельность изверженных горных пород.

30. Химизм и минеральный состав магматических пород. Общие сведения о химизме, связь химического состава породы с ее минеральным составом.

31. Принципы петрохимических классификаций и пересчетов. Метод пересчета по А.Н. Заварицкому. Векторные диаграммы.

32. Классификация магматических пород по щелочности (нормальной щелочности, повышенной щелочности и щелочные), кремнекислотности (ультраосновные, основные, средние и кислые), фациям глубинности и минеральному составу.

33. Ультраосновные магматические породы. Их систематика и разновидности. Ультраосновные породы глубинной фации. Эффузивная фация (коматииты). Особенности химического и минерального составов.

34. Главнейшие структуры и текстуры ультраосновных пород. Распространение, формы и условия залегания. Главнейшие формации.

35. Основные магматические породы. Их систематика и разновидности. Основные породы глубинной, гипабиссальной и эффузивной фаций. Особенности химического и минерального составов.

36. Главнейшие структуры и текстуры основных магматических пород. Распространение, формы и условия залегания. Главнейшие формации.
37. Средние магматические породы. Их систематика и разновидности. Породы глубинной, гипабиссальной и эффузивной фаций. Особенности химического и минерального составов.
38. Главнейшие структуры и текстуры средних магматических пород. Распространение, формы и условия залегания. Главнейшие формации.
39. Кислые магматические породы. Их систематика и разновидности. Кислые породы глубинной, гипабиссальной и эффузивной фаций. Особенности химического и минерального составов.
40. Главнейшие структуры и текстуры кислых магматических пород. Распространение, формы и условия залегания. Главнейшие формации.
41. Щелочные магматические породы фельдшпатидные и безфельдшпатидные. Их систематика и важнейшие разновидности. Особенности химического и минерального состава.
42. Главнейшие структуры и текстуры щелочных магматических пород. Распространение, формы и условия залегания. Главнейшие формации.
43. Несиликатные магматические горные породы (на примере карбонатитов). Их состав, условия образования и распространенность.
44. Вопросы петрогенезиса магматических пород. Понятие о магматических формациях и сериях. Природа процессов магмообразования. Факторы магматической эволюции.
45. Планеты земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) и их спутники. Состав ядер, мантий, первичных и обновленных кор планет. Поверхностная дегазация и потеря спутников планетами земной группы.
46. Луна, ее строение и состав. Разновозрастные формации лунных пород (лунные дуниты и перидотиты, лейкократовые породы, лунные пироксениты) и приуроченность их к определенным структурам (поднятиям и депрессиям). Лунный реголит и стекловатые породы как индикаторы былой эндогенной активности на Луне. «Лунные» метеориты.
47. Планеты-гиганты. Юпитер и Сатурн, их спутниковые системы, кольца. Современная вулканическая деятельность спутника Ио. Первичное расщепление планет на хондритовые ядра и флюидные оболочки с отделением спутниковых систем. Магнитные поля планет.
48. Периферические планеты солнечной системы - Уран, Нептун и их спутники. Модели внутреннего строения. Состав атмосферы.
49. Кометы. Строение и состав комет. Разделение комет на долгопериодические и короткопериодические. Роль комет в расшифровке первичного вещества Солнечной системы.
50. Пояс астероидов как главный источник метеоритов. Метеориты и их разделение на гелеоцентрический и планетоцентрический типы. Хондриты, их типы (НН, Н, L, LL, F, С, Е), состав и структуры. Ахондриты, палласиты и железные метеориты, их состав и строение.
51. Общие сведения о метаморфизме. Понятия о метаморфизме и метасоматизме горных пород. Роль метаморфических пород в строении земной коры. Основные факторы метаморфизма горных пород: температура, давление литостатическое, стрессовое и давление летучих компонентов; их роль в преобразовании горных пород.
52. Главнейшие метаморфические минералы, поля их термодинамической устойчивости. Метапелиты и метабазины. Представления о минеральных фациях метаморфизма. Прогрессивный и регрессивный метаморфизм.
53. Структуры и текстуры метаморфических пород как показатели условий метаморфизма и как факторы, влияющие на физические свойства горных пород.

54. Катакластический метаморфизм. Общая характеристика, описание пород катакластического метаморфизма (тектонические брекчии, катаклазированные породы; милониты и филлониты; продукты динамометаморфизма, тектониты).

55. Автометаморфизм (изменения пород магматической стадии автометаморфизма; амфиболизация, эпидотизация и альбитизация пород; серпентинизация, каолинизация и другие процессы).

56. Контактный метаморфизм. Общая характеристика и описание пород контактового термального метаморфизма. Альбит-эпидот-роговообманковая, роговообманково-роговиковая, пироксен-роговиковая, санидинитовая фации.

57. Региональный метаморфизм. Общая характеристика. Понятие о зонах и фациях. Описание пород различных фаций регионального метаморфизма. Низкотемпературные (зеленые и глаукофан-жадеитовые сланцы), среднетемпературные (амфиболитовые) и высокотемпературные (гранулитовая и эклогитовая) фации.

58. Ультраметаморфизм. Общая характеристика. Мигматиты. Анатексис, палингенез.

59. Метасоматоз. Общая характеристика. Описание главных типов метасоматических процессов и связанных с ними пород. Гранитизация.

60. Щелочной метасоматоз. Продукты натриевого и калиевого метасоматоза. Грейзенизированные породы и грейзены. Скарны. Вторичные кварциты. Карбонатиты. Представления о масштабе процессов метасоматоза.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
05.03.01 Геология, направленность (профиль) «Геофизика»

(код, направление, профиль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		Б1.В.03			
Дисциплина		Петрография			
Курс	2	семестр	4		
Кафедра		горного дела, наук о Земле и природообустройства			
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Лыткин В.А., канд.г.-м.наук, доцент кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства			
Общ. трудоемкость, час/ЗЕТ		108/3	Кол-во семестров	1	Форма контроля
ЛК общ./тек. сем.		14/14	ПР/СМ общ./тек. сем.	30/30	ЛБ общ./тек. сем.
				-/-	СРС общ./тек. сем.
					экзамен
					28/28

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

<p>ПК-2. Способен самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геологических исследований.</p>	<p>ПК-2.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-2.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-2.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>
<p>ПК-3. Способен в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций.</p>	<p>ПК-3.1. Обрабатывает, анализирует и систематизирует полевую геолого-геофизическую информацию с использованием современных методов ее автоматизированного сбора, хранения и обработки.</p> <p>ПК-3.2. Владеет эффективными правилами, методами и средствами сбора, обработки и представления полевой геологической информации.</p> <p>ПК-3.3. Самостоятельно получает геологическую информацию и использует навыки полевых и лабораторных геологических исследований в научно-исследовательской деятельности.</p>

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i>Вводный блок</i>				
Не предусмотрен				
<i>Основной блок</i>				
ПК-2, ПК-3	Практическая работа. Устный опрос на понимание терминов.	3	6	Во время сессии
ПК-2, ПК-3	Практическая работа. Решение задач	3	15	Во время сессии
ПК-2, ПК-3	Практическая работа. Доклад с презентацией	2	10	Во время сессии
ПК-2, ПК-3	Практическая работа. Реферат	1	5	Во время сессии
ПК-2, ПК-3	Практическая работа. Контрольная работа	2	20	за 2 недели до сессии
ПК-2, ПК-3	Практическая работа. Групповая дискуссия	4	4	Во время сессии
Всего:			60	
ПК-2, ПК-3	Экзамен	Вопрос 1	20	По расписанию
		Вопрос 2	20	
Всего:			40	
Итого:			100	
<i>Дополнительный блок</i>				
ПК-2, ПК-3	Подготовка опорного конспекта		5	По согласованию с преподавателем
	Подготовка глоссария		5	
Всего баллов по дополнительному блоку:			10	

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.