

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____/Д.Ю.Пушаровский/

« ____ » _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Современные главы петрологии

Авторы-составители: А.Л. Перчук П.Ю. Плечов, О.Г.Сафонов

Уровень высшего образования:
Магистратура

Направление подготовки:
05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Петрология

Форма обучения:
Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 2018

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г № 1674.

Год (годы) приема на обучение – 2018.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Современные главы петрологии" является приобретение знаний о наиболее важных проблемах и достижениях современной петрологии.

Задачи - освоение студентами ключевых научных публикаций, освещающих современные представления по актуальным проблемам магматической и метаморфической петрологии, а также совершенствование навыков презентации научных материалов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, обязательные дисциплины, курс – II, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

Дисциплина «Современные главы петрологии» тесно связана со многими дисциплинами и курсами, читаемыми студентам в течение 2-5 лет обучения. Наиболее тесно дисциплина «Современные главы петрологии» связана с такими курсами как «Петрология мантии», «Петрология зон субдукции», «Магматизм океанов», «Динамическая вулканология», «Формации метаморфических пород», «Формации магматических пород». Среди дисциплин профильной подготовки использует навыки и знания, полученные из дисциплин «Петрология», «Основы физической геохимии», «Теория фазового соответствия», «Минералогия». Для освоения программы дисциплины необходимы навыки, полученные в курсе «Петрология». Знания и навыки, полученные при освоении дисциплины «Современные главы петрологии», необходимы для понимания геологических процессов в недрах Земли во всех геодинамических обстановках на разных этапах развития Земли, выполнения магистерских дипломных работ и написания статей в научные журналы.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-4.М Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки (формируется частично),

ОПК-6.М Способность представлять, защищать, обсуждать и распространять результаты своей профессиональной деятельности (формируется частично),

СПК-4.М Способность использовать различные типы петрологических и петрохимических диаграмм для решения научных и практических петрологических задач. (формируется частично).

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать: наиболее важные проблемы и достижения современной петрологии.

Уметь: проводить экспертную оценку уровня статей и представляемых в них материалов петрологического профиля; обобщать сведения из цикла статей по определенной тематике; подготавливать качественную научную презентацию по заданной теме.

Владеть: навыками чтения и интерпретации петрологических и петрохимических диаграмм; навыками презентации научных материалов.

4. Формат обучения –семинарские занятия

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., 72 академических часа, в том числе 42 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (занятия семинарского типа) и 30 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Дисциплина «Современные главы петрологии» направлена на приобретение знаний о наиболее актуальных направлениях в современной петрологии магматических и метаморфических процессов на основе освоения ключевых научных публикаций в ведущих российских и международных журналах. Темы для обсуждения и список обсуждаемых публикаций предлагаются преподавателями. В курсе обсуждаются дискуссионные проблемы генезиса некоторых магматических пород в коре и мантии Земли, таких щелочные базальты, коматииты, кимберлиты, граниты-рапакиви, гранитоиды типа А и чарнокиты. В ходе семинаров критически рассматриваются новые модели термальных структур, магматизма, метаморфизма и метасоматоза зон сочленения литосферных плит и зарождения современного стиля тектоники плит, формирования литосферы и астеносферы под кратонами, проблемы строения и образования континентальной коры, образования и эволюции крупных магматических провинций на континентах и в океанах. Особое внимание в курсе отводится роли современных экспериментальных и численных методов в решении актуальных проблем петрологии. Курс направлен на совершенствование навыков магистрантов презентации научных материалов. Формами контроля знаний и умений магистрантов являются проверочные работы, в конце семестра предусмотрен экзамен. Формами самостоятельной работы магистрантов являются короткие (15-20 мин.) презентации по рекомендуемым преподавателями статьям, относящимся к рассматриваемым проблемам современной петрологии.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы					
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего		
Раздел 1. Петрологические процессы в зонах субдукции				3	3	1	
Раздел 2. Проблема зарождения современного стиля тектоники плит				3	3	2	
Раздел 3. Субкратонная литосферная мантия				3	3	1	
Раздел 4. Петрологические аспекты смещения магм				3	3	2	
Раздел 5. Вторая критическая точка во флюидно-силикатных системах и ее значение для петрологии мантии Земли				3	3	1	
Раздел 6. Петрологические проблемы, связанные с большими магматическими провинциями				3	3	2	
Раздел 7. Вариации окислительно-восстановительных условий в верхней мантии и феномен редокс плавления				3	3	1	
Раздел 8. Петрологические проблемы, связанные с формированием континентальной коры				3	3	2	
Раздел 9. Происхождение гранитов-рапакиви				3	3	1	
Раздел 10. Коматиитовый магматизм				3	3	2	
Раздел 11. Проблема первичного кимберлитового расплава и подходы к ее решению				3	3	1	
Раздел 12. Чарнокиты и их происхождение				3	3	2	
Раздел 13. Гранитоиды типа А и гипотезы их происхождения.				3	3	1	
Раздел 14. Петрологический метод в геодинамике				3	3	1	
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						10	
Итого	72			42		30	

Содержание разделов дисциплины:

1. Обсуждаются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах по проблемам магматизма, метаморфизма и метасоматоза в зонах субдукции.

2. Разбираются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах по проблеме зарождения современного стиля тектоники плит.

3. Рассматриваются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах по вопросам минерального состава, преобразования и формирования литосферы под кратонами, а также минерального состава и физического состояния астеносферы.

4. Обсуждаются классические опубликованные модели смешения магм, которые тестируются на статьях, опубликованных в ведущих международных и отечественных журналах.

5. Рассматриваются физико-химические представления и новые экспериментальные данные о фазовых соотношениях в системах перидотит-Н₂О и эклогит-Н₂О при высоких температурах и давлениях в условиях вторых критических точек и геохимическое значение надкритических взаимоотношений силикатных расплавов с водными флюидами в верхней мантии Земли.

6. Обсуждаются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах, посвященные петрологическим проблемам, связанные с большими магматическими провинциями, возможному составу мантийного плюма, балансу пироксенитового и перидотитового компонента в нем, физического состояния вещества в плюме и сопоставлению с результатами геодинамического моделирования.

7. На основе петрологических данных о латеральных и вертикальных вариациях окислительно-восстановительных условий (фугитивности кислорода) в верхней мантии Земли рассматриваются геотектонические, минералогические, геохимические и термодинамические причины этих вариаций и предлагаются основные аргументы за и против модели «редокс плавления» как механизма магмогенерации в мантии

8. Обсуждаются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах по проблеме образования континентальной коры. Рассматриваются вопросы механизма корообразования, времени, строения и перераспределения вещества вследствие диапиризма.

9. Обсуждаются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах по проблеме формирования гранитов-рапакиви. Рассматриваются вопросы формирования овоидных текстур, петрологических особенностей гранитов-рапакиви, формационной связи с другими породами и генезиса гранитов-рапакиви.

10. Обсуждаются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах по проблеме формирования коматиитов. Рассматриваются вопросы формирования структуры спинифекс, кинетических особенностей кристаллизации коматиитов, формационной связи с другими породами и генезиса коматиитовых магм.

11. На основе сведений о вариативности составов кимберлитов и данных экспериментальных исследований обсуждаются петролого-геохимические, минералогические и физико-химические подходы к реконструкции составов протокимберлитовых расплавов в верхней мантии Земли

12. Рассматриваются проблемы классификации пород чарнокитовой серии, различные типы чарнокитовых комплексов (анортозит-мангерит-чарнокит-гранитные комплексы, плутоны кордильерского типа, чарнокиты как продукты гранитизации при метаморфизме высоких ступеней), процессы, приводящие к образованию ортопироксен содержащих гранитоидов, их физико-химические условия и модели образования.

13. Рассматривается общая классификация гранитоидов по Б. Чаппелу и А. Уайту и обсуждается место высокожелезистых гранитоидов (гранитоидов типа А) в этой классификации, их геотектоническое положение, особенности состава и условий образования, а также модели их происхождения за счет дифференциации базальтовых магм и в ходе парциального плавления пород континентальной коры.

14. Обсуждаются актуальные публикации в ведущих международных и отечественных журналах посвященные геодинамическому моделированию. Рассматриваются способы задания петрологической информации в геодинамические модели и различия в результирующих моделях при варьировании петрологическими параметрами.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Для текущего контроля успеваемости студентов в ходе семестра проводятся контрольные опросы и работы.

Примерный перечень вопросов для проведения текущего контроля:

1. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологии зон субдукции. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
2. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по проблеме зарождения современного стиля субдукции. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
3. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по субкратонной литосфере. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
4. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологическим аспектам смешения магм. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
5. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологии мантийных плюмов. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
6. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологическим проблемам, связанным с большими магматическими провинциями. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
7. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по влиянию окислительно-восстановительных условий на процессы формирования магм. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
8. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологическим проблемам, связанным с формированием континентальной коры. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
9. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологическим аспектам геодинамики в архее. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.

10. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по коматиитовому магматизму. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
11. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологическим аспектам формирования кимберлитовых и карбонатитовых магм. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
12. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по шошонитовым сериям и их петрологическому значению. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
13. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по современным петрологическим методам высокотемпературных экспериментов. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.
14. Задание на самостоятельное прочтение и осмысление 1-2 статей из современной научной литературы по петрологическому методу в геодинамике. Результат представляется каждым студентом в аудиторное время в виде короткой презентации.

Расчетные домашние задания:

1. Расчет концентрации комплексного соединения, определение преобладающей формы элемента в системе с комплексообразованием.
2. Расчет диаграммы рН-Eh для системы заданного состава.
3. Расчет положения фигуративных точек составов вод на объединенной диаграмме природных вод М.Г.Валяшко. Нахождение траектории фигуративных точек воды при воздействии заданного геохимического процесса.

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:

1. Назовите особенности "холодной" и "горячей" зон субдукции. Приведите примеры.
2. В чем отличие стилей субдукции на разных этапах развития Земли?
3. Как и в каких геодинамических обстановках образуются тоналит-трондьемит-тоналитовые комплексы?
4. Какие породы слагают литосферную мантию. В чем особенность литосферной мантии под кратонами.
5. Назовите петрологические типы смещения магм и их признаки. Опишите возможное происхождение резорбированных фенокристов в открытой и закрытой магматических системах.
6. Опишите структурно-текстурные признаки коматиитов и параметры кристаллизации, при которых они могли образоваться. Почему коматиитовые магмы были характерны только для ранней Земли?
7. Какие петрологические особенности характерны для гранитов-рапакиви? Почему граниты-рапакиви являются существенным компонентом коры архейско-протерозойских кратонов, и не проявлены на современном этапе?
8. Какие породы слагают крупные мантийные плюмы? Почему образование крупных магматических провинций не связано с воздыманием поверхности Земли?
9. В чем особенность состава и геологического положения гранитоидов типа А. Каково положение гранитоидов типа А в общей классификации гранитоидов?
10. В чем состоит проблема состава протокимберлитового расплава? Охарактеризуйте главные геохимические, минералогические и экспериментальные подходы к ее решению.

11. Охарактеризуйте различные типы чарнокитовых комплексов. Каковы физико-химические характеристики процессов, приводящих к образованию ортопироксен содержащих гранитоидов? Опишите главные модели образования чарнокитов.

12. Что такое вторая критическая точка? В чем состоит геохимическое значение надкритических взаимоотношений силикатных расплавов с водными флюидами в мантии и в зонах субдукции?

13. В чем состоят причины вертикальных и латеральных вариаций окислительно-восстановительных условий в мантии Земли?

14. Охарактеризуйте основные положения модели редокс плавления в мантии Земли..

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: наиболее важные проблемы и достижения современной петрологии.	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения: проводить экспертную оценку уровня статей и представляемых в них материалов петрологического профиля; обобщать сведения из цикла статей по определенной тематике; подготавливать качественную научную презентацию по заданной теме	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности не принципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить экспертную оценку уровня статей и представляемых в них материалов петрологического профиля; обобщать сведения из цикла статей по определенной тематике; подготавливать качественную научную презентацию по заданной теме.	Успешное умение проводить экспертную оценку уровня статей и представляемых в них материалов петрологического профиля; обобщать сведения из цикла статей по определенной тематике; подготавливать качественную научную презентацию по заданной теме.
Владения: навыками чтения и интерпретации петрологических и петрохимических диаграмм; навыками	Навыки владения навыками отсутствуют	Фрагментарное владение навыками, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки чтения и интерпретации петрологически	Владение навыками чтения и интерпретации петрологических и

презентации научных материалов.			х и петрохимических диаграмм; навыками презентации научных материалов.	петрохимических диаграмм; навыками презентации научных материалов.
---------------------------------	--	--	------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

а) основная литература

Philpotts A., Ague J.J. Principles of Igneous and Metamorphic Petrology. Cambridge University Press, 2009, 667 p.

Best M.G. Igneous and Metamorphic Petrology. 2nd ed. Blackwell Publishing, 2003, 729 p.

Gill R. Igneous rocks and processes. A practical guide. Wiley-Blackwell, 2010, 428 p.

Wilson M. Igneous petrogenesis. A global tectonic approach. Springer, 2007, 466 p.

б) дополнительная литература к некоторым темам :

Происхождение астеносферы и литосферной мантии

Gaillard F., Malki M., Iacono-Marziano G., Pichavant M., Scaillet B. (2008) Carbonatite melts and electrical conductivity in the asthenosphere. Science, V. 322 (5906), pp. 1363-1365 DOI: 10.1126/science.1164446

Arndt N., Davaille A. (2013) Episodic Earth evolution. Tectonophysics, In Press, available online.

Griffins W. L. O'Reilly S. Y. (2007) Cratonic lithospheric mantle: is anything subducted? Episodes, V. 30 (1), pp.43-53

Mierdel K., Keppler H., Smyth J. R., Langenhors F. (2007) Water solubility in aluminous orthopyroxene and the origin of earth's asthenosphere. Science, V. 315(5810), pp. 364-368 DOI: 10.1126/science.1135422

Строение и происхождение континентальной коры

Foley S. F. Buhre S. Jaco D.E. (2003) Evolution of the Archaean crust by delamination and shallow subduction. Nature, V. 421, pp. 249-252, doi:10.1038/nature01319

Stern C. R. (2011) Subduction erosion: Rates, mechanisms, and its role in arc magmatism and the evolution of the continental crust and mantle. Gondwana Research, V. 20 (2–3), pp. 284–308

Структура и процессы в зонах субдукции

Grove T. L., Till C. B., Lev E., Chatterjee N., Medard E. (2009) Kinematic variables and water transport control the formation and location of arc volcanoes. Nature, V. 459, pp. 694-697, doi:10.1038/nature08044

Syracuse E. M., van Keken P. E., Abers G. A. (2010) The global range of subduction zone thermal models. Physics of the Earth and Planetary Interiors, V. 183 (1–2), pp. 73–90

van Keken P. E., Hacker B. R., Syracuse E. M., Abers G. A. (2011) Subduction factory: 4. Depth dependent flux of H₂O from subducting slabs worldwide. Journal of Geophysical Research, V 116, B01401, doi:10.1029/2010JB007922

Смешение магм

Couch S., Sparks R. S. J., Carroll M. R. (2001) Mineral disequilibrium in lavas explained by convective self-mixing in open magma chambers. Nature, V. 411, pp. 1037-1039

Perugini D., Valentini L., Poli G. (2007) Insights into magma chamber processes from the analysis of size distribution of enclaves in lava flows: A case study from Vulcano Island (Southern Italy). Journal of Volcanology and Geothermal Research, V. 166, pp. 193–203

Крупные магматические провинции

- Sobolev S.V., Sobolev A.V., Kuzmin D. V. et al. (2011) Linking mantle plumes, large igneous provinces and environmental catastrophes. *Nature*, V. 477, pp.312-316
- Wignall P.B. (2011) Lethal volcanism. *Nature*, V. 477, pp. 285-286
- Coffin M.F., Duncan R.A., Eldholm O. et al. (2006) Large igneous provinces and scientific ocean drilling. *Oceanography*, V. 19 (4), pp.150-160
- Происхождение гранитов-рапакиви*
- Hibbard M.J. (1981) The magma mixing origin of mantled feldspars. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, V. 76, pp. 158-170.
- Ларин А.М. (2009) Граниты-рапакиви в геологической истории Земли. Статья 1. Рапакивигранитсодержащие магматические ассоциации: возраст, геохимия, тектоническое положение. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*, т.17, №3, 2009, с. 3-28
- Коматиитовый магматизм*
- Fowler A. D., Berger B., Shore M., Jones M. I., Ropchan J. (2002) Supercooled rocks: development and significance of varioles, spherulites, dendrites and spinifex in Archaean volcanic rocks, Abitibi Greenstone belt, Canada. *Precambrian Research*, V. 115, pp. 311–328.
- Gibson S. A. (2002) Major element heterogeneity in Archean to Recent mantle plume starting-heads. *Earth and Planetary Science Letters*, V. 195, pp. 59-74
- Проблема первичного кимберлитового расплава*
- Kopylova M.G., Matveev S., Raudsepp M. (2007) Searching for parental kimberlite melt. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, V. 71, pp. 3616-3629.
- Brett R.C., Russell J.K., Moss S. (2009) Origin of olivine in kimberlite: phenocryst or impostor. *Lithos*, V. 112S, pp. 201-212.
- Kamenetsky V.S., Grutter H., Kamenetsky M.B., Gomann K. (2012) Parental carbonatitic melts of the Koala kimberlite (Canada): constraints from melt inclusions in olivine and Cr-spinel, and groundmass carbonate. *Chemical Geology*, V. 353, pp. 96-111.
- Петрологический метод в геодинамике*
- Carminati E., Lustrino M., Doglioni C. (2012) Geodynamic evolution of the central and western Mediterranean: Tectonics vs. igneous petrology constraints. *Tectonophysics*, V. 579, pp. 173–192
- Cammarano F., Tackley P., Boschi L. (2011) Seismic, petrological and geodynamical constraints on thermal and compositional structure of the upper mantle: global thermochemical models. *Geophysical Journal International*, V. 187 (3), pp. 1301–1318.
- Окислительно-восстановительные условия в мантии*
- Foley S.F. (2011) A reappraisal of redox melting in the Earth's mantle as a function of tectonic setting and time. *Journal of Petrology*, V. 52 (7-8), pp. 1363-1391.
- Frost D.J., McCammon C.A. (2008) The redox state of Earth's mantle. *Annual Review Earth and Planetary Science*, V. 36, pp. 389-420.
- Вторая критическая точка в системах силикатный расплав-флюид*
- Mibe K., Kanzaki M., Kawamoto T., Matsukage K.N., Fei Y., Ono S. (2007) Second critical endpoint in the peridotite-H₂O system. *Journal of Geophysical Research*, V. 112, B03201.
- Kessel R., Ulmer P., Pettke T., Schmidt M.W., Thompson A.B. (2005) The water-basalt system at 4 to 6 GPa: phase relations and second critical endpoint in a K-free eclogite at 700 to 1400°C. *Earth and Planetary Science Letters*, V. 237, pp. 873-892.
- Петрология и происхождение чарнокитов и гранитоидов типа А*
- Frost B.R., Frost C.D. (2008) On charnockites. *Gondwana Research*, V. 13, pp. 30-44.
- Frost C.D., Frost B.R. (2011) On ferroan (A-type) granitoids: their compositional variability and modes of origin. *Journal of Petrology*, V. 52 (1), pp. 39-53.
- Martin R.F. (2006) A-type granites of crustal origin ultimately result from open-system fenitization-type reactions in an extensional environments. *Lithos*, V. 91, pp. 125-136.

- дополнительная литература:

Перчук А.Л., Сафонов О.Г., Сазонова Л.В., Тихомиров П.Л., Плечов П.Ю., Шур М.Ю.
Основы петрологии магматических и метаморфических процессов. Учебное пособие.
ООО ИД "КДУ" Москва. 2015. 472 с.

Перчук А. Л., Сафонов О.Г., Плечов П.Ю. Введение в петрологию. Учеб. пособие. М:
ИНФРА-М. 2014. 130 с..

Материально-техническое обеспечение: - персональные компьютеры.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели – Перчук А.Л., Плечов П.Ю., Сафонов О.Г., Арискин А.А.

11. Автор (авторы) программы – А.Л. Перчук П.Ю. Плечов, О.Г.Сафонов