Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Н.Н.Ерёмин/

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МЕЖФАКУЛЬТЕТСКОГО КУРСА**

**Магматизм: от основ до возможностей применения искусственного интеллекта**

Автор-составитель: Промыслова М.Ю.

**Уровень высшего образования:**

***Бакалавриат /Магистратура***

Форма обучения:

***Очная***

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)

Москва 2025

**Цель и задачи дисциплины**

**Целью** курса "Магматизм: от основ до возможностей применения искусственного интеллекта" является освоение студентами теоретических основ проявлений магматической деятельности, методов изучения состава пород, условий их образования, рельефа вулканических областей и др., в том числе с применением методов искусственного интеллекта для решения некоторых задач.

**Задачи –** знакомство с полевыми методами диагностики магматогенных и гидротермальных минералов, магматических горных пород; знакомство с основами анализа геохимических особенностей магматических пород, овладение приемами анализа больших объёмов пространственных данных с помощью платформы Google Earth Engine; получение базовых навыков программирования в Google Code Editor на Java Script с целью изучения областей современного вулканизма.

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

В курсе "Магматизм: от основ до возможностей применения искусственного интеллекта " рассматриваются следующие вопросы:

- магматизм, как проявление глубинной энергии Земли;

- физико-химические процессы в магматическом очаге, движение магмы, превращение ее в горную породу;

- основы тектоники литосферных плит, факторы, контролирующие современное положение вулканов и характер их извержений;

- методы изучения состава магматических пород, условий их образования, рельефа вулканических областей, активности вулканов.

Особое внимание будет уделено анализу больших объёмов пространственных данных с помощью платформы Google Earth Engine и использованию алгоритмов машинного обучения.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП** – относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:**

базируется на знаниях по дисциплинам «География», «Основы неорганической химии», «Основы программирования».

**3. Объем дисциплины (модуля)** составляет 1 з.е., в том числе **24** академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции), 12 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

**4. Формат обучения** **допускает элементы электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий.**

**5. Содержание лекций**

**Тема 1. Введение.** Структура курса. Магматизм, как проявление глубинной энергии Земли. Извержения вулканов в 2021 – 2022 годах. Примеры знаменитых извержений вулканов. Извержения Лаки в 1783 г., Тамбора в 1815 г., Кракатау в 1883г., Мон-Пеле в 1902 г., Новарупта и Катмай в 1912 г. и др. Везувий и гибель Помпеи и Геркуланума в 79 г.н.э. Катастрофа на острове Санторин и легенда о гибели Атлантиды. Супервулканы.

**Тема 2.** **Магма и ее превращение в горную породу.** **Интрузивный магматизм.** Понятие о магме. Процессы в магматическом очаге. Летучие компоненты в магмах и их влияние на режим извержений вулканов. Эволюция магматических расплавов. Условия превращения магмы в горную породу. Понятие об интрузивном магматизме. Процессы внутри магматических камер: ликвация, гравитационно-кристаллизационная дифференциация, ассимиляция. Формы интрузивных тел и условия их образования. Дискордантные тела: батолиты, штоки, дайки, магматические жилы. Конкордатные тела: силы, лакколиты, лополиты. Абиссальные и гипабиссальные интрузивы. Взаимоотношение интрузивов с вмещающими породами. Роль магматических и постмагматических процессов в образовании полезных ископаемых.

**Тема 3.** **Наиболее распространенные магматогенные и гидротермальные минералы, их физические свойства и способы диагностики.** Понятие о минералах. Условия минералообразования. Магматогенные, гидротермальные, пневматолитовые, контактово-метаморфогенные минералы. Формы нахождения минералов в природе. Кристаллы, их форма, сростки кристаллов, кристаллические агрегаты. Оптические свойства минералов. Механические свойства минералов. Способы диагностики минералов в полевых условиях. Классификация минералов. Самородные элементы, оксиды, гидроксиды, сульфиды, галогениды, карбонаты, сульфаты, фосфаты, силикаты. Главные породообразующие минералы магматических горных пород.

**Тема 4. Магматические породы, особенности их состава и строения, классификация и способы диагностики.** Понятие о горных породах и их генетическая классификация. Особенности строения магматических горных пород. Понятие структуры и текстуры. Эффузивные магматические горные породы, условия их образования, особенности структуры и текстуры. Интрузивные магматические горные породы, условия их образования, особенности структуры и текстуры. Особенности состава магматических горных пород. Вулканогенно-обломочные горные породы, условия их образования, особенности структуры и текстуры.

**Тема 5. Вулканизм. Состав лав, типы вулканических извержений. Строение вулканических построек.** Типы вулканов по характеру вулканической постройки: центрального типа (стратовулканы, шлаковые конусы, щитовые), трещинного типа. Строение вулканических аппаратов центрального типа: конус, жерло, кратер, некк, сомма, кальдера, баранкоссы. Виды вулканов по характеру извержений (эффузивные, эксплозивные, промежуточного типа). Поствулканическая деятельность. Образование фумарол, сольфатар, мофет, гейзеров, термальных источников. Закономерности распределения действующих и потухших вулканов на поверхности Земли.

**Тема 6. Продукты вулканических извержений. Индекс VEI. Типизация вулканов.** Продукты вулканической деятельности: жидкие, твердые и газообразные. Наземные и подводные извержения. VEI, от англ. Volcanic Explosivity Index — показатель силы извержения вулкана. Гавайский, Стромболианский, Пелейский, Плинианский, Ультраплинианский типы извержений. Мегаизвержение. Сила извержений Эйяфьядлайёкюдль в 2010г., Йеллоустон (Лава-Крик) 630 000 лет до н. э., Тоба лет 74 000 до н. э. и др.

**Тема 7. Основы тектоники литосферных плит. Тектоническая приуроченность вулканов.** Предпосылки создания теории литосферных плит – современной геологической теории.Основы тектоники плит: разделение верхней оболочки Земли на литосферу и астеносферу. Разделение литосферы на плиты разных размеров, относительное движение плит и их взаимодействие по границам разного типа (дивергентным, конвергентным и трансформным), описание взаимного перемещения жестких плит. Основная причина глобальных тектонических процессов. Современное географическое распределение вулканов и тектоника литосферных плит.

**Тема 8. Особенности магматизма в рифтовых и спрединговых обстановках.** Понятие рифтогенеза. Типы континентальных рифтов. Модели рифтогенеза. Особенности магматизма континентальных рифтов. Байкальская рифтовая зона, Восточно-Африканская рифтовая система. Структуры океанов: срединно-океанические хребты, трансформные разломы, океанические острова, глубоководные равнины. Быстроспрединговые срединно-океанические хребты, медленно-спрединговые океанические хребты. Магматические породы срединно-океанических хребтов. Роль трансформных разломов в магмогенезе. Строение океанической коры.

**Тема 9. Особенности магматизма в коллизионных и надсубдукционных обстановках. Внутриплитный магматизм.** Типы островных дуг и их развитие. Строение островных дуг. Магматические серии, петрохимическая и геохимическая зональность островных дуг. Модели раскрытия задуговых бассейнов. Магматизм задуговых бассейнов. Строение Андской активной окраины. Особенности магматизма Андской активной окраины. Типы континентальных рифтов. Модели рифтогенеза. Типы коллизионных обстановок. Модели коллизионного магматизма. Магматизм Эльбруса. Внутриплитный магматизм и мантийные плюмы. Магматизм горячих точек. Большие магматические провинции.

**Тема 10. Структура ИИ. Методы определения палеогеодинамических условий проявления магматизма, их автоматизация.** Понятие искусственного интеллекта.Структура искусственного интеллекта. Место методов машинного обучения в структуре искусственного интеллекта.Основные области, в которых применяются методы искусственного интеллекта. Магматические комплексы-индикаторы геодинамических обстановок. Применение петролого-геохимических методов для целей палеогеодинамического анализа. Диагностические диаграммы геодинамических обстановок. Мультиэлементные диаграммы и спектры редкоземельных элементов. Применение кластерного анализа в магматическое петрологии.

**Тема 11. Знакомство с облачной платформой Google Earth Engine и инструментом для анализа больших массивов пространственных данных Google Code Editor.** Изображения какбольшие данные, их обработка с помощью облачных платформ для анализа данных, технологии Machine learning. Обзор каталога данных и примеры использования платформы GEE. Регистрация и обзор рабочего инструмента Code Editor. Типы данных в Java Scrip, объекты, методы, функции. Изображения и их коллекции. Поиск и выбор космических снимков. Спектральные каналы и их комбинации. Определение области интереса, фильтрация снимков. Визуализация данных с помощью комбинации спектральных каналов. Тематические и векторные данные. Визуализация данных на карте. Определение функции NDVI в GEE ирасчет вегетационного индекса. Анализ современной активности вулканов Камчатки с использованием платформы GEE.

**Тема 12. Примеры применения алгоритмов машинного обучения в GEE для анализа больших объемов пространственных данных.** Машинное обучение как раздел Искусственного Интеллекта. Алгоритмы машинного обучения. Методы машинного обучения в GEE. Алгоритмы Random Forest. Примеры решения прикладных задач с помощью машинного обучения. Анализ распространённости вулканических построек в пределах островов и дна Тихого океана с использованием алгоритмов машинного обучения на платформе GEE.

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

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

***Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации:***

1. Особенности извержения Везувия в 79 г. н.э.
2. Особенности извержения Кракатау в 1883 г.
3. Формы нахождения и диагностические свойства минерала кварца.
4. Островные, цепочечные и ленточные силикаты. Особенности структуры, диагностические свойства, примеры.
5. Каркасные силикаты. Особенности структуры, диагностические свойства, примеры.
6. Состав, строение и условия образования базальта.
7. Состав, строение и условия образования габбро.
8. Состав, строение и условия образования гранита.
9. Какие условия способствуют плавлению вещества земной коры и верхней мантии?
10. Что такое интрузивные тела, какой формы и размера они бывают?
11. Что такое дайка и силл, как они образуются?
12. Вулканы центрального типа: строение, разновидности, примеры.
13. Вулканы трещинного типа: строение, разновидности, условия образования, примеры.
14. «Тихоокеанское огненное кольцо», общая характеристика.
15. Твердые продукты вулканических извержений, общая характеристика.
16. Морфологические элементы вулканической постройки.
17. Охарактеризуйте магматизм в условиях спрединга, приведите пример.
18. Что такое VEI, в каких пределах он изменяется, какова величина VEI для извержения вулкана Кракатау в 1883 году и вулкана Эйяфьядлайёкюдль в 2011 году?
19. Охарактеризуйте магматизм в условиях рифтинга, приведите пример.
20. Охарактеризуйте магматизм в условиях субдукции, приведите пример.
21. Охарактеризуйте магматизм в условиях столкновения двух континентальных литосферных плит (коллизии).
22. Что такое «горячая точка»? Приведите пример современной «горячей точки».
23. Место машинного обучения и кластерного анализа в структуре ИИ.
24. Кластерный анализ при изучении магматических пород.
25. Анализ геохимических особенностей магматических пород и возможности его автоматизации.
26. Основные правила создания обучающей выборки для анализа вулканических построек Тихого океана с использованием алгоритмов машинного обучения на платформе GEE.
27. Основные шаги при создании классификации вулканов Камчатки с использованием платформы для анализа пространственных данных GEE.

**Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Оценка результатов обучения, *соответствующие виды оценочных средств* | **Незачет** | **Зачет** |
| **Знания:** теоретических основ зарождения, эволюции магмы, превращения ее в горную породу; форм проявлений магматизма и связи их с процессами тектоники литосферных плит; главных породообразующих минералов и горных пород; основных методов, применяемых для анализа геодинамической обстановки формирования магматических пород. | Фрагментарные знания или отсутствие знаний | Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания |
| **Умения:** различать главные породообразующие минералы и основные магматические горные породы; осуществлять поиск и выбор космических снимков в GEE, выбор спектральных каналов и их комбинаций; определять область интереса, осуществлять фильтрацию снимков; осуществлять визуализацию данных с помощью комбинации спектральных каналов; определять функции NDVI в GEE ирассчитывать вегетационный индекс. | В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений | Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) |
| **Навыки:** применения алгоритма машинного обучения Random Forest в Google Earth Engine для анализа больших объемов пространственных данных. | Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков применения машинного обучения в GEE | Сформированные навыки, применяемые применения машинного обучения в GEE или, в целом, сформированные навыки, но используемые не в активной форме |

**7. Ресурсное обеспечение:**

**А) Перечень основной и дополнительной литературы.**

**- основная литература (**печатные издания в Библиотеке МГУ)**:**

1. Короновский Н.В. Земля. Метеориты, вулканы, землетрясения. Фрязино: Век 2, 2014.

176 с.

ISBN 978-5-85099-192-0

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

ISBN 978-5-16-010122-4

3. Короновский Н.В., Демина Л.И. Магматизм, как индикатор геодинамических обстановок: учебное пособие. М.: КДУ, 2011. 234 с.

ISBN: 978-5-98227-777-0

**- дополнительная литература:**

1. Burchardt S. Volcanic and igneous plumbing systems. Understanding magma transport, storage, and evolution in the Earth’s crust. Elsevier, 2018. 346 с. ISBN: 978-0-12-809749-6

2. Gorelicka N., Hancherb M., Dixonb M., Ilyushchenkob S., Thaub D., Mooreb R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone // Remote Sensing of Environment. Elsevier, 2017. Vol. 202. P. 18-27.

**Б) Перечень программного обеспечения:**

**- лицензионное**

не требуется

**- нелицензионное и свободного доступа**

- облачная платформа свободного доступа Google Earth Engine: https://code.earthengine.google.com/

**В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- реферативная база данных издательcтва Elsevier: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

**Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- Практикум от Google Developer: Image Classification using Machine Learning

https://developers.google.com/machine-learning/practica/image-classification

**Д) Материально-технического обеспечение:**

Учебная аудитория с мультимедийным проектором.

**8. Язык преподавания** – русский.

**9. Преподаватель (преподаватели):** Ответственный за курс — Промыслова Мария Юрьевна (старший преподаватель кафедры динамической геологии), преподаватели: Промыслова Мария Юрьевна.

**10. Разработчики программы:** Промыслова Мария Юрьевна, старший преподаватель.