

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

УТВЕРЖДАЮ
И.О. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Еремин/
«__» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Ядерная геофизика

Nuclear geophysics

Автор-составитель: Никулин Б.А.

Уровень высшего образования:

Бакалавриат

Направление подготовки:

05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геофизика

Форма обучения:

Очная

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

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины 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*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от _____ 2022 года (протокол №___).

Год приема на обучение: 2022

© 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 освоения дисциплины «Ядерная геофизика» является теоретическое изучение основных разделов метода и физически обоснованное понимание возможности и роли метода при решении геологических задач.

Задача освоения дисциплины «Ядерная геофизика» состоит в приобретении знаний о физических свойствах горных пород, технологии их измерений и обоснования ядерных петрофизических связей при комплексной интерпретации геофизических данных.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Дисциплина «Ядерная геофизика» предназначена для студентов геофизиков (бакалавров) и направлена на приобретение знаний о ядерно-физических свойствах горных пород, видах взаимодействия радиоактивных излучений с веществом, технологии их измерений и обоснования ядерных петрофизических связей при комплексной интерпретации геофизических данных. В ней также рассмотрены основные ядерные геофизические методы и примеры их использования в нефтегазовой и рудной геологии.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профильный блок, обязательная дисциплина, курс – III, семестр – 6.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

освоение дисциплин «Высшая математика», «Математический анализ», «Информатика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Функции комплексного переменного», «Физика», «Ядерная физика», «Общая геология», «Структурная геология и геокартирование», «Геохимия», «Петрография», «Геология нефти и газа», «Гравиразведка», «Магниторазведка», «Электроразведка», «Сейсморазведка».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
ОПК-1.Б Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).	Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук естественнонаучного и математического циклов в профессиональной деятельности Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	Знать: возможности изучения естественной и искусственной радиоактивности методами ядерной геофизики при определении ядерно-физических свойств горных пород.
ОПК-3.Б. Способен решать стандартные	Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые	Уметь: проводить лабораторные и полевые наблюдения по изучению различных

<p>задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки частично).</p>	<p>подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-3. И-2. Владеет базовыми навыками получения информации (полевой, камеральной, лабораторной) для решения стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки. Б.ОПК-3. И-3. Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.</p>	<p>проявлений радиации горных пород, определять необходимый комплекс методов ядерной геофизики для достижения поставленной геологической задачи. Владеть: современными приемами обработки и интерпретации результатов основных методов ядерной геофизики с применением вычислительного программного обеспечения.</p>
<p>ОПК-6.Б Способен использовать в профессиональной деятельности информационно-коммуникационные технологии, в т.ч. ГИС-технологии (формируется частично).</p>	<p>Б.ОПК-6. И-1. Использует знания информационно-коммуникационных технологий для решения стандартных задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-6. И-2. Пользуется стандартными программными продуктами в области ГИС-технологий для обработки и визуализации геологических данных.</p>	<p>Владеть: современными приемами обработки и интерпретации результатов основных методов ядерной геофизики с применением вычислительного программного обеспечения.</p>

4. Объем дисциплины составляет **2 з.е.**, в том числе **26 академических часов** на контактную работу обучающихся с преподавателем (13 часов лекции и 13 часов лабораторных занятий), **46 академических часа** на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

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

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Введение	1	1			1					
Естественная радиоактивность. Определяющие факторы ядерно-физических свойств горных пород. Интегральный и спектрометрический U(Ra), Th,K гамма-методы.	7	1	2		3	4				4
Радиометрия. Методы гамма и эмманационной съемки.	9	2	2		4	4	1			5
Аппаратурный комплекс при радиометрических исследованиях.	10	2	2		4	4		2		6
Классификация пород по радиоактивности. Радиометрия при решении геологических задач.	9	2	2		4	4	1			5
Искусственная радиоактивность. Виды взаимодействия гамма-	6	1	1		2	4				4

излучения и нейтронов с веществом горных пород.										
Гамма-гамма, нейтрон-нейтронный и нейтрон-гамма методы. Решаемые геологические задачи в полевых и лабораторных условиях.	9	1	1		2	4		1	2	7
Ядерно-магнитный метод в магнитном поле Земли и в сильном поле искусственных магнитов.	6	1	1		2	4				4
Ядерная-геофизика при комплексной интерпретации геофизических данных.	11	2	2		4	4		1	2	7
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	4	<i>Устный зачет</i>					4			
Итого	72	26					46			

Содержание лекций

1. Введение.

Краткие исторические сведения об изучении основных ядерно-физических свойств, цели и задачи ядерной геофизики. Методика ядерно-физических исследований ее роль и место в современной геологической науке.

2. Естественная радиоактивность. Определяющие факторы ядерно-физических свойств горных пород. Интегральный и спектрометрический $U(Ra)$, Th, K , гамма-методы.

Типы ядерно-физических свойств пород и подходы к их изучению. Многообразие определяющих факторов, естественная и искусственная радиоактивность. Нейтронные и гамма-методы. Ядерная геохимия и атомная структура химических элементов. Электронная и кристаллическая структуры, типы связей. Типы пород и история их формирования. Лито-петрологические характеристики пород: состав, структура, текстура, наличие органического вещества $ОВ$ и нейтронно-поглощающих элементов. Ядерно-физические константы (сечение поглощения, рассеяния гамма-квантов и нейтронов и др.).

3. Радиометрия. Методы гамма и эманионной съемки.

Общие понятия естественной радиоактивности, радиоактивные элементы уран, торий, калий. Ряды радиоактивных распадов и их параметры: периоды полураспада изотопов, виды излучения и их энергия. Гамма-съемка. Эманионная альфа-съемка.

4. Аппаратурный комплекс при радиометрических исследованиях

Типы лабораторной аппаратуры для измерения физических свойств образцов горных пород: плотности, пористости, проницаемости, радиоактивности, вещественного состава и др. Приборы для исследования полноразмерных кернов.

5. Классификация пород по радиоактивности. Радиометрия при решении геологических задач.

Естественная радиоактивность минералов и горных пород. Радиоактивность магматических пород и пород осадочного комплекса. Изменение радиоактивности в ходе метаморфических и метасоматических процессов. Распределение и миграция урана, тория, калия в земной коре.

6. Искусственная радиоактивность. Виды взаимодействия гамма-излучения и нейтронов с веществом горных пород.

Процессы и виды взаимодействия гамма-излучения с горными породами. Решаемые задачи по видам взаимодействия. Нейтроны и процессы их взаимодействия с горными породами. Нейтронные характеристики горных пород и их связи с физическими свойствами и элементным составом пород.

7. Гамма-гамма, нейтрон-нейтронный и нейтрон-гамма методы. Решаемые геологические задачи в полевых и лабораторных условиях.

Гамма-гамма плотностной и литологический метод. Нейтрон-нейтронный и нейтрон-гамма по тепловым нейтронам методы оценки влажности (пористости) горных пород и нейтрон-гамма спектрометрические методы оценки вещественного состава пород.

8. Ядерно-магнитный метод в магнитном поле Земли и в сильном поле искусственных магнитов.

Ядерно-магнитный метод в магнитном поле Земли при исследовании пористости и подвижности флюидов на образцах горных пород. Ядерно-магнитный метод в сильном поле искусственных магнитов при оценке фильтрационно-емкостных свойств в скважинных условиях.

9. Ядерная-геофизика при комплексной интерпретации геофизических данных.

Петрофизические модели ядерно-геофизических методов для различных геологических объектов. Статистическая обработка комплекса петрофизических данных. Анализ петрофизической информации. Взаимосвязи между параметрами горных пород.

Определение и классификация петрофизических моделей. Петрофизическое районирование. Петрофизические модели нефтегазоносных и рудных объектов.

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных работ и при защите рефератов.

Примерный перечень тем рефератов:

1. Роль отечественных ученых в развитии Ядерная геофизика.
2. Изучения свойств и состава кернов.
3. Природа аномалий поля радиоактивности Земли и геология.
4. Петрофизика как инструмент настройки ядерно-геофизических методов.
5. Роль ядерно-геофизических методов при подсчете запасов полезных ископаемых.
6. Многомерный корреляционный анализ.
7. Комплексные ядерно-геофизические и петрофизические связи при решении геологических задач.
8. Природа естественной радиоактивности в различных литолого-фациальных зонах.
9. Построение ядерно-геофизических моделей при решении задач в нефтегазовой и рудной областях.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачете):

1. Природа естественной радиоактивности в различных литолого-фациальных зонах.
 2. Факторы, влияющие на неоднородность по радиоактивности горных пород.
 3. Ряды распада урана и тория;
 4. Эманационная съемка;
 5. Радиометрическая съемка;
 6. Спектрометрический метод естественной радиоактивности;
 7. Значение и роль априорных петрофизических данных при геологической интерпретации ядерно-физических аномалий;
 8. Оценка плотности и вещественного состава пород гамма-гамма методами;
 9. Оценка пористости и вещественного состава пород нейтронными методами;
 10. Сопоставление КЕРН-ГИС для оценки достоверности геофизических методов.
- Многомерный корреляционный анализ;
11. Обоснование многомерных петрофизических моделей;
 12. Основы ядерно-магнитного метода;
 13. Радиоактивность нефтематеринских пород;
 14. Комплекс ядерно-геофизической аппаратуры для исследования полноразмерных кернов.

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

Оценка результатов обучения, <i>соответствующие виды</i>	Незачет	Зачет
---	----------------	--------------

<i>оценочных средств</i>		
Знания (<i>устный опрос, реферат</i>)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (<i>устный опрос, реферат</i>)	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 (владения, опыт деятельности) (<i>устный опрос, реферат</i>)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Вахромеев Г.С., Ерофеев Л.Я., и др. Петрофизика, Изд-во Томского университета. 1997.
2. Горбачев Ю.И. Геофизические исследования скважин: Учебник для вузов. Под ред. Каруса Е.В. – М.: Недра 1990 г.
3. Геофизика. Под ред. В.К.Хмелевского. М. КДУ. 2009, 2012, 2015. С.320.
4. Хмелевской В.К., Костицин В.И. Основы геофизических методов. Пермь. Изд-во ПГУ. 2010 С. 400.
5. Хмелевской В.К., Костицин В.И. Геофизика. Пермь. Изд-во ПГУ. 2018 С. 380.
6. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексование геофизических методов, учебник, Москва 2012г.

- дополнительная литература:

1. Современная ядерная геофизика при поисках, разведке и разработке нефтегазовых месторождений. Сб. стат. ЯГО, М. 2004 г.
2. Никулин Б.А., Спиридонов А.И. Задачи ядерного опробования ядерно-геофизическими методами. Сборник материалов Международной научно-технической конференции "Портативные генераторы нейтронов и технологии на их основе." 2004г. ВНИИА, М.278-281с.
3. Никулин Б.А. Экспрессное ядерное опробование. Каротажник, N121, Тверь, 2004г.54-57с.3.
4. Горбачев Ю.И., Неретин В.Д., Никулин Б.А и др. Экспрессное изучение керна нефтегазовых скважин в полевых условиях. ЭИ. ВИЭМС. Геол., методы поисков и разведки месторождений нефти и газа... Произв. Опыт, 1988, вып. 6, с.1-9.5.
5. Иванькова Ю. В. и др. Оперативная оценка коллекторских свойств, Сб. Научно-практическая конференция «Геомодель-2003». М. ОАО ЦГЭ.
6. Никулин Б.А., Богословский В.А, (МГУ им. М.В. Ломоносова) Ботвиновская О.А., Ганичев Д.И, Тверитнев А.А. (ОАО «НК «Роснефть») Литогенетическая типизация нижнедевонских карбонатных отложений Тимано-Печорской провинции по данным геофизических исследований скважин. 2010г. «Нефтяное хозяйство», № 12, 5с.

7. Никулин Б.А. (МГУ им. М.В. Ломоносова), Скибицкая Н.А., О.О.(ИПНГРАН). К вопросу оценки компонентного состава битумоидов по геофизическим данным в карбонатном разрезе. 2010г. Тезисы Юбилейная международная конференция "Петрофизика: современное состояние, проблемы, перспективы", Москва 2010г. 35-38.
8. Новиков Г.Ф. Радиометрическая разведка: Учебник. - Л.: Недра, 1989. - 440 с. 8.
9. Ларионов В.В., Резванов Р.А. Ядерная геофизика и радиометрическая разведка. Москва, Недра 1988 - 325с. Учебник для вузов.
10. Евсеева Л.С.; Перельман А.И.; Иванов К.Е. Геохимия урана в зоне гипергенеза. Изд-во: М.: Атомиздат, 1975 г.;

В) Материально-техническое обеспечение:

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Ядерная геофизика» используются: лаборатория Петрофизики и Ядерной геофизики кафедры Геофизики, компьютерный класс отделения Геофизики, специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором, библиотека Геологического факультета МГУ.

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

Специальные вычислительные и логические компьютерные программы, созданные сотрудниками и преподавателями кафедры Геофизики Геологического факультета МГУ.

Д) Материально-технического обеспечение:

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Ядерная геофизика» используются: лаборатория Петрофизики и Ядерной геофизики кафедры Геофизики, компьютерный класс отделения Геофизики, специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором, библиотека Геологического факультета МГУ.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель: Ответственный за курс — с.н.с. Никулин Б.А., преподаватель: с.н.с. Никулин Б.А.

11. Разработчик программы: с.н.с. Никулин Б.А.