

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.Ерёмин/
«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Петрофизические исследования осадочных пород

Автор-составитель: Д.А. Асташкин

Уровень высшего образования:
магистратура (ИМ)

Направление подготовки:
05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Геология и полезные ископаемые

Магистерская программа
Литология

Форма обучения:
Очная

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

Москва

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 магистратуры ИМ*).

Год (годы) приема на обучение: 2022

Цели и задачи освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Петрофизические исследования осадочных пород» являются: овладение теоретическими основами изучения различных физических свойств осадочных пород; приобретение практических навыков определения фильтрационно-емкостных свойств пород; изучение взаимосвязей между различными физическими, а также физическими и литологическими свойствами.

Задачи: получение сведений о методологических основах, методических приемах, возможностях различных методов исследования петрофизических свойств осадочных пород.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Дисциплина «Петрофизические исследования осадочных пород» посвящена изучению физических свойств горных пород и закономерностей их изменений, проявляющейся при взаимодействии с физическими полями различной природы. Описываются: различные петрофизические свойства пород, методы их определения, связи между этими свойствами, использование петрофизических зависимостей для геологической интерпретации результатов геофизических исследований. Приобретаются практические навыки лабораторных петрофизических анализов керн. Дисциплина дает основы навыков интерпретации результатов исследования, их корреляции с данными других анализов и создания петрофизической модели пород-коллекторов нефти и газа.

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

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на курсах базовой части: «Физика», «Общая химия». Вариативная часть: «Геология и геохимия нефти и газа». Профессиональный цикл: «Геофизические методы исследований», «Литология». Вариативная часть; профессиональный цикл: «Кристаллография», «Минералогия», «Петрография с кристаллооптикой», «Литология».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
ОПК-7.М Способен профессионально выбирать и использовать современное научное и техническое оборудование для решения научных и практических задач по профилю подготовки.	М.ОПК-7. И-1. Знает технические характеристики и возможности основных современных видов научного и технического оборудования, используемого в работах по профилю подготовки. М.ОПК-7. И-2. Анализирует варианты решения поставленной задачи, и выбирает оптимальный вариант с позиций доступности оборудования и	Знать: задачи, стоящие перед петрофизическими исследованиями керна материала, применяемые методы исследований керна, методические особенности изучения фильтрационно-емкостных свойств горных пород и оборудование.

	экономических затрат. М.ОПК-7. И-3. Имеет базовые практические навыки работы с современным оборудованием, применяемым в работах по профилю подготовки.	
ПК-6.М. Способен использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач.	М.ПК-6. И-1. Имеет представление о современных методах обработки и комплексной интерпретации информации, используемых для решения производственных задач (по профилю подготовки). М.ПК-6. И-2. Применяет методы обработки и комплексной интерпретации информации с использованием стандартных и специализированных программных пакетов.	Уметь: решать задачи по исследованию физических свойств осадочных пород, оценивать взаимосвязи между различными физическими, а также физическими и литологическими свойствами пород, создавать петрофизические модели пород и оценивать достоверность полученных моделей.
СПК-4.М (6). Способен проводить экспертные работы в области нефтяной геологии и обеспечивать сопровождение прогнозирования, поисков и разведки месторождений углеводородного сырья комплексными литологическими исследованиями с использованием приемов моделирования	СПК-4.М (6). И-1. Владеет приемами изучения продуктивных пластов для определения особенностей строения традиционных и нетрадиционных пород-коллекторов	Владеть: методами петрофизического изучения осадочных пород, способами и практическими навыками исследований различных физических свойств осадочных пород, приемами обработки фактического материала для создания комплексных литолого-петрофизических моделей осадочных пород.

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 42 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции и семинары вместе), 30 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 (модуля), 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 (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	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 семинарского типа	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Тема (раздел) 1. Введение. Общие сведения о петрофизике. Типы коллекторов, строение залежи.	5	2	1	3	2			2
Тема (раздел) 2. Определение пористости, минералогической и объемной плотностей.	7	2	2	4	3			3
Тема (раздел) 3. Определение проницаемости. Закон Дарси.	7	2	2	4	3			3
Тема (раздел) 4. Капиллярное давление. Модель переходной зоны.	6	2	2	4	2			2
Тема (раздел) 5. Изучение свойств пород в термобарических условиях.	6	2	2	4	2			2
Текущая аттестация 1: <i>контрольный опрос</i>	6		2	2			4	4

Тема (раздел) 6. Смачиваемость	5	1	2	3	2			2
Тема (раздел) 7. Изучение литологии пород инструментальными методами. Гранулометрический анализ,РСА, РЭМ, карбонатность.	8	4	2	6	2			2
Тема (раздел) 8. Комплексная схема изучения керна. Достоверность петрофизических исследований для сложных пород-коллекторов.	6	2	2	4	2			2
Тема (раздел) 9. Комплексирование петрофизических и литологических исследований для повышения достоверности интерпретации данных ГИС.	9	4	2	6	3			3
Промежуточная аттестация: <u>зачет</u>	7		2	2			5	5
Итого	72		42				30	

Содержание лекций и семинаров

Тема (раздел) 1.

Введение. Общие сведения о петрофизике. Типы коллекторов, строение залежи

Петрофизика – раздел геологического знания о физических свойствах горных пород. Основная научная задача петрофизики изучение связей между физическими, а также физическими и литологическими свойствами пород. Основные типы коллекторов – поровый, кавернозный, трещинный. Свойства различных типов коллекторов. Общие сведения о строении нефтегазовой залежи. Понятия о зонах залежи (воднасыщенная, переходная, предельного насыщения).

Тема (раздел) 2.

Определение пористости, минералогической и объемной плотностей

Различные методы определения пористости, минералогической и объемной плотностей. Метод Преображенского, газоволюметрический метод. Сведения о типах пористости (открытая, закрытая, общая). Оценка применимости методов для различных литологических типов пород. Погрешности определения пористости, минералогической и объемной плотностей. Изучение сопоставлений исследуемых параметров.

Тема (раздел) 3.

Определение проницаемости. Закон Дарси

Общие сведения о абсолютной газопроницаемости. Методы исследования проницаемости. Изучение двухчленной формулы закона Дарси. Поправки к закону

Дарси –поправка Клинकिनберга, эффект Форгеймера. Нахождение сопоставлений между пористостью и проницаемостью. Оценка по этим сопоставлениям типа коллектора.

Тема (раздел) 4.

Капиллярное давление. Модель переходной зоны

Общие сведения о капилляриметрических исследований. Методика проведения экспериментальных определений (капилляриметрия, ультрацентрифуга). Сравнение методов. Построение кривых капиллярного давления. Оценка остаточной водонасыщенности прямым и косвенным методами. Электрические свойства пород при переменной водонасыщенности. Получение зависимостей коэффициента увеличения сопротивления от водонасыщенности. Насыщенность и относительная фазовая проницаемость в переходной зоне.

Тема (раздел) 5.

Изучение свойств пород в термобарических условиях

Методические основы изучения пород при моделировании пластовых условий. Расчет напряжений, действующих в пласте. Изучение электрических, акустических свойств пород. Изучение сжимаемости емкостного пространства пород. Функциональные зависимости между пористостью и интервальным временем, относительным сопротивлением и пористостью, пористостью в пластовых условиях и в атмосферных. Влияние литологического состава пород на эти зависимости.

Тема (раздел) 6.

Смачиваемость

Методы изучения смачиваемости карбонатных и терригенных пород. Метод Аммота и метод Багринцевой. Оценка гидрофобных и гидрофильных свойств пород. Оценка влияния фобности на различные петрофизические свойства пород.

Тема (раздел) 7.

Изучение литологии пород инструментальными методами. Гранулометрический анализ, РСА, РЭМ, карбонатность

Гранулометрический анализ пород классическими методами и методом лазерной дифракции. Сравнение методов и анализ полученных результатов. Изучение влияния зернистости пород на различные петрофизические свойства. Применение рентгеноструктурного анализа пород для дифференциации петрофизических зависимостей. Изучение структуры емкостного пространства пород на растровом электронном микроскопе. Оценка карбонатности экспресс методами с получением отдельного содержания кальцита и доломита. Применение полученных параметров в практике построения петрофизических моделей пород.

Тема (раздел) 8.

Комплексная схема изучения керна. Достоверность петрофизических исследований для сложных пород-коллекторов

Общая схема изучения керна из скважин. Особенности изучения керна параметрических, разведочных и поисковых скважин. Выбор оптимального комплекса исследований для получения адекватной петрофизической модели. Изучение нетрадиционных коллекторов нефти и газа. Методические подходы изучения сложных пород. Оценка достоверности проведенных петрофизических исследований.

Тема (раздел) 9.

Комплексирование петрофизических и литологических исследований для повышения достоверности интерпретации данных ГИС

Возможность комплексирования петрофизических и литологических исследований для создания петрофизических моделей пород. Практические примеры применения полученных дифференцированных зависимостей для повышения достоверности интерпретации данных ГИС. Изучение влияния различных литологических параметров на петрофизические свойства пород.

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.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных при контрольном тестировании и контрольных опросах.

Примерный перечень вопросов (тестов) для проведения текущего контроля:

1. Какие факторы определяют поровый состав пород?
2. На какие физические свойства влияет величина поверхности порового пространства?
3. Какие категории воды содержатся в горных породах?
4. Какова природа двойного электрического слоя?
5. Какие виды влагоемкости встречаются выше уровня грунтовых вод?
6. Чем отличаются нормальных гидрохимический разрез и зоны гидрохимических инверсий?
7. Что такое эффективная и динамическая пористости?
8. Как распределяются нефть и газ в единичной поре породы?
9. Что такое абсолютная проницаемость?
10. В чем особенность проницаемости трещиноватых пород?
11. В чем разница между эффективной и относительной проницаемостью?
12. От каких факторов зависит коэффициент абсолютной проницаемости?
13. На какие три группы делят породы по коэффициенту проницаемости?
14. Какой принцип лежит в основе классификации коллекторов по А. А. Ханину?

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачете):

1. Типы коллекторов и их физические свойства.
2. Строение залежи, характеристика различных зон залежи.
3. Методы определения пористости и плотностей.
4. Закон Дарси, поправки к закону Дарси.
5. Методы получения кривой капиллярного давления, получаемые результаты.
6. Изучение основных физических свойств пород в термобарических условиях.
7. Методы определения смачиваемости.
8. Различные инструментальные методы изучения литологических характеристик.
9. Оптимальный комплекс изучения керна разведочных скважин.
10. Методы изучения слабо консолидированного керна, достоверность полученных результатов.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (устный опрос, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (устный опрос, реферат)	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 неприципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (устный опрос, реферат)	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. Методические рекомендации по исследованию пород-коллекторов нефти и газа физическими и петрографическими методами. М., ВНИГНИ, 1978, 395 с.
2. Методические рекомендации по подсчету геологических запасов нефти и газа объемным методом. / Под редакцией В.И.Петерсилье, В.И.Пороскуна, Г.Г.Яценко. Москва –Тверь, 2003.
3. Методические рекомендации по обработке, инвентаризации, систематизации, хранению и аналитическим исследованиям керна опорных и параметрических скважин. М., ВНИГНИ, 2008.
4. Иванов М.К., Бурлин Ю.К., Калмыков Г.А., Карнюшина Е.Е., Коробова Н.И. Петрофизические методы исследования керна материала. Учебное пособие. В 2-х книгах. Москва: МГУ. 2008.
5. Гудок Н.С., Богданович Н.Н., Мартынов В.Г. Определение физических свойств нефтеводосодержащих пород. Учеб. пособие для вузов. М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2007. 592 с.

б) дополнительная литература:

1. Recommended Practices for Core Analysis. 40 SECOND EDITION, 1998, American Petroleum Institute.
2. ГОСТ26450.1-85 Породы горные. Метод определения коэффициента открытой пористости жидкостенасыщением.
3. ГОСТ26450.2-85 Породы горные. Метод определения коэффициента абсолютной газопроницаемости при стационарной и нестационарной фильтрации.
4. Ханин А.А. Петрофизика нефтяных и газовых пластов. М., Недра, 1976.
5. Тульбович Б.И. Методы изучения пород-коллекторов нефти и газа. М., Недра, 1979.
6. Орлов Л.И., Карпов Е.Н., Топорков В.Г. Петрофизические исследования коллекторов нефти и газа. М., Недра, 1987.
7. Кобранова Н.В. Петрофизика. М.: Недра, 1986. – с.327.

Б) Перечень программного обеспечения:

- нелицензионное и свободного доступа
пакет программ Open Office.

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- информационный портал, посвященный литологии lithology.ru – литология.рф;

- научная электронная библиотека eLibrary.ru

- библиотека Московского государственного университета nbmgu.ru

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором; Специализированная научно-исследовательская лаборатория, оснащенная следующим оборудованием: проницаемостиметр, порозиметр, аппараты Закса и Сокслета, карбонатометр, прибор для определения естественной радиоактивности пород, установка для изучения акустических и электрических свойств горных пород в термобарических условиях, лазерный анализатор размеров частиц, ультрацентрифуга, капилляриметрическая установка, рентген-дифрактометрический анализатор, электронный микроскоп.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Карпова Евгения Владимировна, преподаватель: Асташкин Дмитрий Александрович.

11. Разработчики программы: Асташкин Дмитрий Александрович – руководитель научно-аналитического центра, зам. директора Филиала «Апрелевское отделение ФГБУ ВНИГНИ», к.г.-м.н.