

«УТВЕРЖДАЮ»
Декан геологического факультета МГУ
академик Д.Ю. Пущаровский
«2» сентября 2015 года



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В СЕЙСМОРАЗВЕДКЕ

Уровень высшего образования

ПОДГОТОВКА НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ

Направление подготовки: **05.06.01. Науки о Земле**

Направленность программы *Геофизика, геофизические методы поиска и разведки полезных ископаемых.*

Квалификация:

Исследователь. Преподаватель-исследователь.

МОСКВА 2015

1. Код и наименование дисциплины – **Петрофизические модели в сейсморазведке**

2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки **05.06.01. «Науки о Земле»**

Направленность программы *Геофизика, геофизические методы поиска и разведки полезных ископаемых.*

4. Место дисциплины в структуре ООП: **относится к вариативной части ОПОП, дисциплина по выбору для освоения в 3 семестре второго года обучения**

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

(заполняется в соответствии с картами компетенций)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
<i>способностью к принятию самостоятельных мотивированных решений в нестандартных ситуациях и готовность нести ответственность за их последствия (УК-6).</i>	З(УК-6) Знать связи между геологическими процессами и петрофизическими свойствами
	У (УК-6) Уметь осуществлять отбор и использовать оптимальные методы петрофизического моделирования

<i>способность самостоятельно формулировать цели исследований, устанавливать последовательность решения профессиональных задач (ОПК-2);</i>	З(ОПК-2) Знать основы методов замещения флюида для пород-коллекторов и границы упругих модулей пористой среды
	У(ОПК-2) Уметь обоснованно выбрать петрофизическую модель для определенного типа коллектора
<i>умение профессионально выбирать и творчески использовать современное научное и техническое оборудование и компьютерные технологии, в том числе ГИС-технологии для решения научных и практических задач (ОПК-3);</i>	З(ОПК-3) Знать современное программное обеспечение петрофизического моделирования
	У(ОПК-3) Уметь обоснованно применять современные программы петрофизического моделирования
<i>умение критически анализировать, представлять, защищать, обсуждать и распространять результаты своей профессиональной деятельности организовывать защиту прав на объекты интеллектуальной собственности (ОПК-4);</i>	З(ОПК-4) Знать принципы петрофизического моделирования для различных типов коллекторов
	У(ОПК-4) Уметь грамотно обосновать результаты петрофизического моделирования

6. Объем дисциплины составляет 6 зачетных единицы, всего 216 часов, из которых 28 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (20 часов занятия семинарского типа, 4 часа индивидуальные консультации, 4 часа мероприятия промежуточной аттестации), 188 часа составляет самостоятельная работа обучающегося

7. Входные требования для освоения дисциплины: **знание основ разведочной геофизики**

8. Образовательные технологии: **дисциплина частично реализуется с использованием электронного обучение и дистанционных технологий.**

9. Содержание дисциплины, структурированное по темам 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) (часы)			Самостоятельная работа обучающегося (часы)	
		Занятия сем-кого типа	Инд-ные кон-ции	всего	домашние заданий	всего
<p>Тема 1.* Упругие свойства горных пород: упругие свойства твердых тел; упругие свойства жидкостей и газов. Виды пустот в породе: пористость, трещиноватость, анизотропия как следствие трещиноватости, модели трещин. Понятие критической пористости Проницаемость, глинистость. Перемещение флюида в пустотах, поглощение, дисперсия, модели Био, Уайта, выжимания флюида Понятие эффективной среды; параметры эффективных сред</p>	36	4	0	4	32	32
<p>Тема 2.* Задание верхней и нижней границы упругих модулей пористой среды как смеси разных компонент. Границы упругих модулей Фойгта-Ройса-Хилла .Границы упругих модулей Хашин-Штрикмана .Оценка свойств порового флюида по Вуду. Оценка свойств порового флюида по Бацлю и Вангу. Оценка модуля всестороннего сжатия и плотности пластовой воды. Оценка модуля всестороннего сжатия и плотности газа. Оценка модуля всестороннего сжатия и плотности нефти. Оценка модуля</p>	36	4	0	4	32	32

всестороннего сжатия и плотности смеси флюидов. НП.						
Тема 3.* Модель Гассмана. Эффект замещения флюида. Систематические искажения при моделировании флюидозамещения	34	2	0	2	32	32
Тема 4.* Эмпирические модели эффективных сред. Теоретические модели зернистых сред. Теоретические модели, учитывающие геометрию порового пространства Самосогласованные модели. Дифференциальная модель. Четырехфазная эффективная модель.	36	4	2	6	30	30
Тема 5.* Упругие модели трещиноватых сред. Модель Хадсона. Модель Шоенберга. Расчет эффективных анизотропных модулей среды с одной и двумя системами трещин.	36	4	0	4	32	32
Тема 6.* Диагенетический и седиментационные глубинные тренды в песчано-глинистых породах. Петрофизические свойства пород как функция уплотнения Глубинные тренды как ограничение при AVO-анализе	34	4	0	4	32	32
Промежуточная аттестация**	4	-	4	4	-	-
Итого	216	22	6	28	188	188

**Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий семинарского типа или индивидуальных консультаций*

*** Промежуточная аттестация проходит в форме зачета*

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине.

а) основная литература:

Шермергор Т.Д. Теория упругости микронеоднородных сред - М. «Наука», 1977

Уайт Дж.Э. Возбуждение и распространение сейсмических волн – М., «Недра», 1986

Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J., The Rock Physics Handbook – Cambridge University Press, 1998

Avseth, P., Mukerji, T., and Mavko, G., 2005, Quantitative seismic interpretation – Applying rock physics tools to reduce interpretation risk, Cambridge University Press.

б) дополнительная литература:

Молотков Л.А. исследование распространения волн в пористых и трещиноватых средах на основе эффективных моделей Био и слоистых сред., Санкт-Петербург, Наука. 2001. 348 с.

Николаевский В.Н., и др. Механика насыщенных пористых сред – М., «Недра», 1970

Николаевский В.Н. Механика пористых и трещиноватых сред, М., Недрa, 1984, 232 с.

Козлов Е.А. Модели среды в разведочной сейсмологии – Тверь, ГЕРС, 2006

Per Avseth, Tor A. Johansen Explorational Rock Physics and Seismic Reservoir Prediction, EAGE, 2009

*Dvorkin, J., and Nur, A., 1996: Elasticity of high-porosity sandstones, Theory for two North Sea data sets, Geophysics, **61**, p. 559-564*

Kuster, G.T., and Toksöz, M.N., 1974, Velocity and attenuation of seismic waves in two-phase media. Part I. Theoretical formulations: Geophysics, v. 39, p. 587–606

*Nur, A., Mavko, G., Dvorkin, J., and Galmudi D., 1998 Critical porosity: A key to relating physical properties to porosity in rocks, The Leading Edge **17**, 357–362*

11. Ресурсное обеспечение:

Для материально-технического обеспечения дисциплины Петрофизические модели в сейморазведке используются: компьютерный класс отделения Геофизики, специализированная аудитория с ПК и компьютерным проектором, библиотека Геологического факультета МГУ.

12. Язык преподавания - **русский**

13. Краткое содержание дисциплины (аннотация)

Рассматриваются упругие свойства горных пород: упругие свойства твердых тел; упругие свойства жидкостей и газов, перемещение флюида в пустотах, поглощение, дисперсия, модели Био, Уайта, выжимания флюида. Вводится понятие эффективной среды; параметры эффективных сред. Изучаются эмпирические модели эффективных сред, теоретические модели зернистых сред, теоретические модели, учитывающие геометрию порового пространства, самосогласованные модели, дифференциальные модели, четырехфазная эффективная модель, упругие модели трещиноватых сред. Анализируются диагенетический и седиментационные глубинные тренды в песчано-глинистых породах.

14. Преподаватель - к.г.-м.н., доцент Шалаева Наталия Владимировна (**nvshalaeva@geol.msu.ru**)

Приложение

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) «Петрофизические модели в сейсморазведке» на основе карт компетенций выпускников

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине «Петрофизические модели в сейсморазведке» (критерии и показатели берутся из соответствующих карт компетенций, при этом пользуются либо традиционной системой оценивания, либо БРС)					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
З(УК-6) Знать связи между геологическими процессами и петрофизическими свойствами	отсутствие знаний	фрагментарные представления о связях между геологическими процессами и петрофизическими свойствами	сформированные представления о связях между геологическими процессами и петрофизическими свойствами	сформированные представления о связях между геологическими процессами и петрофизическими свойствами различных типов коллекторов	Систематизированные знания связях между геологическими процессами и петрофизическими свойствами различных типов коллекторов	<i>индивидуальное собеседование</i>
У (УК-6) Уметь осуществлять отбор и использовать оптимальные методы петрофизического моделирования	отсутствие умений	фрагментарные представления об оптимальных методах петрофизического моделирования	сформированные представления об оптимальных методах петрофизического моделирования	сформированные представления об оптимальных методах петрофизического моделирования	Системные знания об основных методах петрофизического моделирования, включая самые современные	<i>практические контрольные задания</i>
З(ОПК-2) Знать основы методов замещения флюида для пород-	отсутствие знаний	Знает основные подходы к замещению флюида	Знает основные методы замещения флюида для пород-	Знает основные методы замещения флюида для пород-	В совершенстве знает принципы методы замещения флюида для пород-	<i>индивидуальное собеседование</i>

коллекторов и границы упругих модулей пористой среды			коллекторов	коллекторов и границы упругих модулей пористой среды	коллекторов и границы упругих модулей пористой среды с учетом всех возможных	
У(ОПК-2) Уметь обоснованно выбрать петрофизическую модель для определенного типа коллектора	отсутствие умений	осуществляет выбор простейшей модели для определенногo типа	осуществляет выбор простейшей модели для любого типа коллектора	осуществляет выбор модели с учетом специфики конкретного коллектора	осуществляет выбор оптимальной петрофизической модели	<i>практические контрольные задания</i>
З(ОПК-3) Знать основные математические приемы, используемые при создании петрофизических моделей.	отсутствие знаний	фрагментарные знания о математических приемах	знает основные приемы, используемые при создании определенногo типа	знает основные приемы используемые при создании основных петрофизических моделей	Систематизированные знания математических приемов, используемых при создании различных петрофизических	<i>индивидуальное собеседование</i>
У(ОПК-3) Уметь обоснованно применять современные программы петрофизического моделирования	отсутствие умений	фрагментарные представления о некоторых программах петрофизического моделирования	сформированные представления о некоторых программах петрофизического моделирования	сформированные представления о возможностях некоторых программ петрофизического	Системные знания об основных современных программах петрофизического моделирования и их	<i>практические контрольные задания</i>
З(ОПК-4) Знать принципы петрофизического моделирования для различных типов	отсутствие знаний	фрагментарные представления о принципах моделирования	сформированные представления о принципах моделирования интерпретации	сформированные представления о принципах моделирования для различных	систематизированные знания о принципах моделирования с учетом особенностей способа	<i>индивидуальное собеседование</i>

коллекторов			геофизических исследований	типов коллекторов	моделирования и типа коллектора	
У(ОПК-4) Уметь грамотно обосновать результаты петрофизического моделирования	отсутствие умений	фрагментарные представления полученных результатах	сформированные представления о полученных результатах	сформированные представления о полученных результатах с учетом особенностей метода	систематизированные знания представления о полученных результатах с учетом особенностей метода и объекта	<i>практические контрольные задания</i>

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Примерные темы рефератов по разделам дисциплины

- 1) Место петрофизики в современной нефтяной сейсморазведке.
- 2) Методы прогноза упругих свойств порово-трещинных коллекторов
- 3) Сравнительный анализ существующих моделей трещиноватых горных
- 4) Петрофизические модели неконсолидированных осадков
- 5) Петрофизические модели глинистых песчаников
- 6) Петрофизические неупругие модели поглощающих осадков
- 7) Петрофизическое моделирование в сочетании с AVO-анализом
- 8) Петрофизические модели карбонатных коллекторов

Контрольные вопросы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

В течение преподавания курса Петрофизические модели в сейсморазведке в качестве форм текущего контроля успеваемости студентов используются такие формы, как заслушивание и оценка доклада по теме реферата, собеседование, промежуточное тестирование. По итогам обучения проводится зачет.

Контрольные вопросы:

1. Осадочные породы (классификация, состав). Литогенез. Основные лито-физические параметры. 2. Пористость. Сжимаемость горных пород. Вода в горных породах. Глинистость, плотность трещин, проницаемость. Способы их определения
3. Плотность неоднородной среды. Примеры реальных значений плотности минералов и горных пород. Уравнение масс-баланса. Плотность пористых сред. Плотность и глинистость. Связь с общей и «эффективной» пористостью. Изменение плотности с глубиной.

4. Простейшие упругие модели сплошных неоднородных сред. Почему не работает «среднее арифметическое». Осреднения Фойгта и Ройсса, Хилла, Александрова
5. Уравнение среднего времени. Тонкослоистая среда: осреднение Бэкуса.
6. Упругие модули сухой породы.
7. Дифференциальный метод оценки эффективных параметров .
8. Модели пористых сред Формула Вуда. Примеры зависимостей упругих параметров от пористости. Давление в насыщенной и сухой породе. Сжимаемость пор.
9. Уравнения Гассмана. Основные допущения. Вывод. Различные формы записи. Задача о замещении флюида.
10. Задача Герца и ее приложение к модели гранулированной горной породы. Влияние горного давления и упаковки. Случайная упаковка зерен. Влияние цемента. Соотношение V_p/V_s в гранулированной среде.
11. Теория Френкеля-Био-Николаевского
12. Модель Хадсона. Модель Шоенберга. Их эквивалентность с точки зрения эффективных упругих параметров.
13. Расчет эффективных анизотропных модулей среды с одной и двумя системами трещин
14. Свойства флюида: адиабатические и изотермические упругие характеристики. Упругие свойства и плотность воды. Упругие свойства и плотность газа. Смесь газов. Упругие свойства и плотность нефти.
15. Соотношение V_p/V_s для пород и минералов. Упругие свойства глин.
16. Петрофизические свойства как функция глубины залегания для песчано-глинистых пород
