

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПНГ РАН
д.т.н., профессор

Э.С.Закиров

2022г.



Программа дисциплины

РАЗВИТИЕ ФИЗИКИ НЕФТЕГАЗОВОГО ПЛАСТА

Направление подготовки

2.8. Недропользование и окружающая среда

Уровень образования

Подготовка кадров высшей квалификации

Специальность

2.8.4. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Приказ Минобрнауки России от 20 октября 2021 года № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов»;

2. Паспорт научной специальности 2.8.4 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений, в рамках Номенклатуры специальностей научных и научно-педагогических работников, утверждённой приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 № 118 (в редакции от 27.09.2021);

3. Программа кандидатского экзамена по специальности 25.00.17 – Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений", утверждённая приказом Минобрнауки России от 08.10.2007 № 274 "Об утверждении программ кандидатских экзаменов";

4. Программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре в соответствии с Федеральными государственными требованиями в ИПНГ РАН от 22 апреля 2022 г.

Составитель рабочей программы:

Гл. научн. сотр., д.т.н., проф.

 Н.Н.Михайлов

Ответственный за направление подготовки:

д.т.н., проф.

 И.М.Индрупский

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Развитие физики нефтегазового пласта» является ознакомление аспирантов со свойствами пласта и современными способами их описания, получение знаний, навыков и умений исследования и использования явлений многофазности и многокомпонентности пластовых систем, формирование современных представлений о физических и физико-технологических свойствах пласта, о деформационных, волновых и тепловых процессах в пласте, о свойствах пластовых флюидов и фазовых превращениях углеводородов, о физике процессов вытеснения и увеличения нефтеотдачи пластов; формирование современных представлений о физической сути и технологической значимости процессов извлечения углеводородов, подготовка аспирантов к творческому анализу, умению моделировать и систематизировать процессы и явления, происходящие в пласте при добыче углеводородов.

Изучение дисциплины позволит решать научные и практические задачи в выбранной области.

Задачами освоения дисциплины являются:

- углубленное знакомство с минеролого-литологическими, микроструктурными, физико-технологическими и физическими свойствами нефтегазовых пластовых систем;
- освоение современных принципов изучения и описания пластовых систем, в том числе систем, содержащих нетрадиционные и трудноизвлекаемые запасы углеводородов;
- развитие представлений о современных тенденциях изучения нефтегазовых пластовых систем, способах определения физических и физико-технологических свойств, методах физического моделирования пластовых процессов;
- развитие навыков выбора и применения данных о свойствах пласта, насыщающих его флюидов, явления межфазного и межкомпонентного взаимодействия для совершенствования технологий извлечения углеводородов в различных геолого-технологических условиях.

-

2. Место дисциплины в структуре ООП подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации.

Дисциплина «Развитие физики нефтегазового пласта» является базовой дисциплиной, относится к вариативной части ООП. Дисциплина изучается в 1-2 семестре.

Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- определение и понятие физических и физико-технологических свойств пласта как многофазной многокомпонентной системы;
- принципы описания и моделирования пластовых систем;
- роль геологических факторов на физические и физико-технологические свойства пластовых систем;
- основные тенденции в изучении фильтрационно-ёмкостных свойств пласта и их изменчивости;
 - физику деформационных, волновых и тепловых процессов в пластовых системах;
 - явления фазовых превращений в углеводородных системах, основные свойства пластовых флюидов;
 - физику процессов вытеснения нефти и газа и процессы увеличения углеводородоотдачи пластовых систем.

Уметь:

провести анализ, систематизацию, научное исследование и обобщение данных; о физических свойствах пластовых систем;

провести эксперименты и определять набор физических свойств пласта, необходимых для решения поставленных научно-методических задач;

объяснять и оценивать и моделировать влияние геологического строения пласта на его физические и физико-технологические свойства;

интерпретировать параметры, характеризующие процессы вытеснения углеводородов из пласта

Владеть:

• информацией о современных тенденциях в изучении и моделировании сложнопостроенных пластовых систем;

навыками постановки экспериментов для изучения физических и физико-технологических свойств, процессов и явлений, протекающих в нефтегазовых пластовых системах,

приемами и методиками использования данных физики пласта при моделировании процессов разработки залежей углеводородов;

современными методиками расчета эффективных свойств многофазных многокомпонентных пластовых систем.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 108 часов.

Вид учебной работы	Объем часов
Всего	108
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	24
Лекции, семинары, практические занятия, контроль	
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	84
Вид контроля по дисциплине	зачет

4. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов			Формы текущего контроля успеваемости
		Лекц.	Практ.	Сам. раб.	
1	Введение. Физические процессы и явления в нефтегазовых пластах и их роль в технологиях углеводородоизвлечения	2	1	6	
2	Нефтегазовый пласт как объект изучения физики пласта	2	0	6	

3	Свойства и структура нефтегазового пласта как многокомпонентной системы	1	1	6	Зачет
4	Фильтрационная способность нефтегазового пласта	1	1	6	
5	Многофазность внутрипорового насыщения пласта	1	1	6	
6	Процессы вытеснения при многофазном многокомпонентном насыщении пласта	1	0	6	
7	Деформационные процессы в нефтегазовых пластах	2	0	6	
8	Волновые процессы в нефтегазовых пластах	2	0	6	
9	Процессы теплопроводности в нефтегазовых пластах	2	0	6	
10	Состав и свойства внутрипоровых компонент нефтегазового пласта	1	0	6	
11	Свойства газообразной компоненты нефтегазового пласта	1	0	6	
12	Свойства нефтяной компоненты нефтегазового пласта	1	1	6	
13	Свойства водной компоненты нефтегазового пласта	1	0	6	
14	Фазовые превращения углеводородных систем	1	0	6	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Введение. Физические процессы и явления в нефтегазовых пластах и их роль в технологиях углеводородоизвлечения.

Природные и технологические процессы в нефтегазовых пластах. Нефтегазовый пласт как геотехнологический объект изучаемый в физике нефтегазового пласта. Роль физики пласта при формировании принципов изучения, промышленной оценки, разработки и контроля за эффективностью углеводородоизвлечения из недр. Связь физики пласта с физикой, геофизикой, промысловой геологией, бурением нефтяных и газовых скважин, подземной гидрогазодинамикой, теорией разработки нефтяных и газовых месторождений, контролем и регулированием процессов разработки нефтяных и газовых залежей. Основные задачи физики нефтяного и газового пласта. Структура курса "Основы физики нефтяного и газового пласта". Роль российских и зарубежных исследователей в развитии основ физики нефтегазового пласта. Физика пласта как фундаментальный базис повышения технологической и экономической эффективности углеводородоизвлечения.

2. Нефтегазовый пласт как объект изучения физики пласта.

Специфика нефтегазового пласта. Нефтегазовый пласт как структурированная многофазная система. Отличие нефтегазового пласта от идеального твердого тела. Горные породы и нефтегазовые пласты, общность и специфика. Классификация горных пород по происхождению. Классификация осадочных пород. Грунты и нефтегазовые пласты, специфика и общность. Природные и технологические условия существования нефтегазового пласта. Масштабы изучения нефтегазового пласта. Петрофизическое, геологическое, геофизическое и технологическое представления пласта. Понятие о геологических, физических и технологических свойствах нефтегазового пласта.

3. Свойства и структура нефтегазового пласта как многокомпонентной системы.

Понятие коллектора и не коллектора и их роль в формировании нефтегазового пласта. Свойства пористости и проницаемости пласта. Минералогический и гранулометрический состав твердой компоненты. Минералогические типы твердой компоненты пласта. Гранулометрический состав, форма и окатанность частиц, типы цемента. Способы анализа строения и состава твердой фазы пласта. Область применения данных о строении и составе твердой фазы пласта в нефтегазопромысловом деле.

4. Фильтрационная способность нефтегазового пласта.

Понятие проницаемости. Фильтрация однофазных флюидов. Закон Дарси и область его применимости. Нарушения закона Дарси и нелинейные законы фильтрации. Физические причины нелинейности. Коэффициент проницаемости пласта и коэффициент фильтрации; связь между ними. Методы определения проницаемости. Фильтрационная анизотропия и тензорная природа проницаемости. Представление проницаемости в тензорном виде. Закон фильтрации в анизотропных пластах.

5. Многофазность внутрипорового насыщения пласта.

Физические процессы на границах раздела фаз. Роль внутрипоровых поверхностных явлений в формировании активного и пассивного порового объема. Понятие динамической пористости и эффективной проницаемости пластов. Способы их определения.

6. Процессы вытеснения при многофазном многокомпонентном насыщении пласта.

Обобщенный закон Дарси для многофазной фильтрации. Понятие фазовой проницаемости. Изменение структуры и взаимного расположения фаз при вытеснении. Микроструктура многофазных течений. Влияние смачиваемости на закономерности вытеснения фаз. Влияние структуры порового пространства на закономерности многофазной фильтрации. Явление капиллярного защемления фаз и их роль в процессах вытеснения нефти и газа. Распределение воды, нефти и газа в потоке; функция Баклея-Леверетта.

7. Деформационные процессы в нефтегазовых пластах.

Характер механических взаимодействий между компонентами многофазных пластов. Принцип равновесного состояния природных пластов. Взаимодействие между внутрипоровыми флюидами и скелетом породы. Взаимодействие частиц скелета породы друг с другом. Типы межчастичных взаимодействий и структура породы, изотропность и анизотропность породы. Силы внутреннего взаимодействия. Напряжения и деформации нефтегазового пласта. Напряжения в породах и их связь с внутренними силами. Первичные и вторичные напряжения и их связь с геологическим строением. Виды напряженного состояния пород. Тензор напряжения, круг напряжений Мора. Линейные и сдвиговая деформация, тензор деформации. Зависимости деформаций от напряжений, разрушение пород, упругие и пластические деформации. Упругие свойства нефтегазовых пластов: предел упругости, тензор упругости, модуль продольной упругости (модуль Юнга), модуль сдвига, коэффициент Пуассона. Взаимосвязь между упругими свойствами пород. Отличие нефтегазового пласта от физического твердого тела, влияние состава и строения пластов на их упругие свойства. Пластическая деформация и пластические свойства нефтегазового пласта, реологические модели пласта, коэффициент пластичности, реологические свойства пород и явления ползучести и релаксации напряжений и предел длительной прочности. Прочность и разрушение пласта. Физическая сущность хрупкого разрушения и трещинообразования. Пластический механизм разрушения. Теория прочности Мора. Влияние свойств пласта на его прочность. Твердость и буримость горных пород, анизотропия прочностных свойств горных пород. Механическое взаимодействие скелета пласта с насыщающими его флюидами. Пластовое давление и эффективные напряжения. Перераспределение эффективных напряжений и сжимаемость пластов при фильтрации жидкости, коэффициенты сжимаемости и их связь со строением коллектора и его упругими свойствами. Упругость нефтегазового пласта. Состояние нефтегазовых пластов на больших глубинах. Изменение свойств пласта с глубиной. Аномальные пластовые давления. Законы уплотнения пород с глубиной. Влияние напряженного состояния на свойства нефтегазового пласта. Взаимосвязь свойств пласта с напряжениями и деформацией.

8. Волновые процессы в нефтегазовых пластах.

Природные и технологические волновые поля в нефтегазовых пластах. Частотная характеристика волн. Характерные длины волн. Физика распространения волн в многофазных насыщенных средах. Влияние состояния и связанности фаз на закономерности распространения упругих волн. Типы волн в нефтегазовых пластах. Продольные, поперечные, сдвиговые волны. Скорость распространения упругих волн. Амплитуда и энергия упругих волн. Взаимодействие сейсмических волн с нефтегазовыми пластами. Коэффициент поглощения и удельное волновое сопротивление пласта. Отражение волн и коэффициент отражения. Сейсмическая и ультразвуковая энергия волн. Сейсмический шум пласта. Трансформация сейсмических волн в ультразвуковые. Доминантные частоты нефтегазового пласта. Волновые свойства нефтегазовых пластов и способы их определения. Области использования волновых свойств пласта при разведке и разработке месторождений.

9. Процессы теплопроводности в нефтегазовых пластах.

Естественный тепловой режим нефтегазового пласта. Геотермический градиент и геотермическая ступень. Тепловой поток, удельная теплоемкость, коэффициент теплопроводности. Физический смысл теплопроводности, типы теплопроводности. Тепловая энергия. Уравнение теплопроводности и коэффициент температуропроводности. Связь тепловых свойств пласта с его минералого-структурным строением и характером насыщения. Анизотропия тепловых свойств пласта. Явление теплового и фильтрационного потоков. Термогидродинамический градиент давления. Изменения свойств пласта под воздействием природных и технологических тепловых полей. Способы определения тепловых свойств пласта. Области использования тепловых свойств при разведке и разработке месторождений. Тепловые воздействия на пласт.

10. Состав и свойства внутрипоровых компонент нефтегазового пласта.

Физическое состояние углеводородных систем и вод в нефтегазовых пластах. Типы залежей по состоянию углеводородных систем. Состав и классификация нефтей; состав и классификация газов; газогидраты. Закономерности изменения состава углеводородных смесей в зависимости от термобарических условий залегания пластов. Свойства углеводородных смесей. Основные понятия фазового состояния углеводородной смеси. Фазовые диаграммы однокомпонентных и многокомпонентных систем.

11. Свойства газообразной компоненты нефтегазового пласта.

Идеальные и природные газы. Основные параметры природных газов. Уравнения состояния и область их применимости. Неуглеводородные компоненты природных газов. Тяжелые углеводороды в газе. Вязкости газа и газовых смесей; физическая интерпретация вязкости. Методы определения вязкости. Зависимости вязкости газа и газовых смесей от термобарических условий. Влагосодержание газа и методы ее определения; влияние влагосодержания газа на технологию и технику добычи нефти. Тепловые свойства. природных газов и их компонентов. Коэффициент Джоуля-Томсона, методы их определения. Физические свойства газового конденсата. Сырой и стабильный конденсат. Коэффициент усадки.

Фракционный состав конденсата. Температура помутнения и застывания конденсата. Содержание серы и парафина в конденсате. Условия выпадения конденсата в пласте и околоскважинной зоне. Возможные формы нахождения конденсата в пласте. Условия подвижности конденсата.

12. Свойства нефтяной компоненты нефтегазового пласта.

Состав и свойства нефти в нефтегазовых пластах. Плотность, сжимаемость, термическое расширение, теплопроводность и электропроводность нефти. Растворимость газа в нефти, влияние растворенного газа на физические свойства нефти. Давление насыщения нефти газом. Сжимаемость нефти, объемный коэффициент, усадка нефти. Вязкость пластовой нефти и ее физическая интерпретация. Влияние состава нефти и термобарических условий на ее вязкость. Аномально-вязкие нефти и их структурно-механические свойства. Динамические (реологические) характеристики пластовых нефтей. Стационарно и не стационарно реологические жидкости. Реологические уравнения. Эффективная (кажущаяся) вязкость неньютоновских нефтей. Вязкоупругие системы и их свойства. Законы фильтрации аномальных нефтей. Изменение природного состава и свойств нефти в пределах залежи. Изменение природного состава нефтей при их фильтрации через породы. Изменение состава и структуры нефти при ее вытеснении из пласта водами различного состава. Изменение состава и свойств нефти при термохимических процессах извлечения нефти. Способы изучения свойств пластовых нефтей. Фотоколориметрия нефти. Области использования данных о свойствах нефти при разработке залежи и регулировании процессов извлечения.

13. Свойства водной компоненты нефтегазового пласта.

Подвижная и остаточная вода, форма их нахождения в нефтегазовых пластах. Методы оценки подвижной и остаточной водонасыщенности пласта. Индекс свободного флюида и использование методов ядерно-магнитного резонанса. Состояние воды в микрокапиллярах. Зависимости остаточной водонасыщенности от микростроения, литологического состава и термобарических условий пласта. Остаточная вода в неоднородных пластах. Концевые эффекты и

капиллярное удержание подвижной воды вблизи границ неоднородностей. Состояние переходных зон нефть - вода, газ - вода, газ - нефть. Физические свойства пластовых вод: минерализованность, классификация пластовых вод в зависимости от растворенных минеральных солей. Минерализация связанной воды. Плотность, вязкость, сжимаемость, тепловое расширение, электропроводность. Зависимость физических свойств пластовых вод от минерализации. Методы определения физических свойств пластовых вод. Растворимость природных газов в пластовой воде. Влияние термобарических условий на физические свойства пластовых вод.

Свойства закачиваемых в пласт вод и степень их очистки. Смешение пластовых вод с закачиваемыми. Выпадение осадков из пластовых вод. Бактериальное заражение закачиваемых вод. Сульфатредукция. Влияние состава закачиваемых вод на изменение природных фильтрационных свойств пласта. Способы борьбы с ухудшением природного состояния пласта и солеотложениями в трубах.

14. Фазовые превращения углеводородных систем.

Фазовые превращения одно-, двух- и многокомпонентных систем. Критические явления в углеводородных системах. Особенности поведения многокомпонентных углеводородных систем в критической области. Влияние влаги на фазовые превращения. Фазовое состояние системы нефть-газ. Газоконденсатная характеристика залежи. Методы и аппаратура для изучения свойств углеводородных систем. Константы фазовых равновесий и методы их определения. Уравнения фазовых концентраций. Расчетные методы определения фазовых превращений углеводородов. Влияние пористой среды на процессы фазовых переходов. Связь фазовых превращений в пористой среде с компонентоотдачей пластов.

6. Самостоятельная работа аспирантов

Используются виды самостоятельной работы аспиранта: в читальном зале библиотеки, на рабочих местах с доступом к ресурсам Интернет и в домашних условиях. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется курсовыми работами по экзаменом. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованную литературу и конспекты лекций.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Примеры тем курсовых работ:

1. Основные физические свойства пласта, используемые в нефтегазовом деле.
2. Фильтрационная способность пласта и характеризующие её коэффициенты. 3. Ёмкостная способность пласта и коэффициенты, её характеризующие.
1. Типы пласта по минеральному составу и их характеристика.
2. Тепловые процессы и тепловые свойства пласта.

3. Деформационные свойства пласта.
4. Волновые свойства пласта
5. Техногенные изменения природного состояния пласта в процессе разработки залежи.
6. Фазовые превращения углеводородных систем.
7. Физические предпосылки технологий извлечения углеводородов из залежи.

Вопросы к экзамену:

1. Физические свойства нефтегазового пласта, принципы их определения и области использования.
2. Характеристика структурно-текстурного строения нефтегазового пласта.
3. Коллектора нефти и газа и их свойства.
4. Физические и физико-технологические свойства нефтегазового пласта.
5. Минералогический и гранулометрический состав нефтегазового пласта.
6. Структура внутрипорового пространства нефтегазового пласта.
7. Пористость нефтегазового пласта, коэффициенты ее характеризующие.
8. Гранулярные трещинные и кавернозные пласты.
9. Понятие проницаемости, законы однофазной фильтрации и области использования проницаемости.
10. Удельная поверхность нефтегазового пласта, коэффициенты ее характеризующие, области использования.
11. Обобщенный закон Дарси, понятие фазовой проницаемости, коэффициенты ее характеризующие и область применения.
12. Смачиваемость нефтегазового пласта, коэффициенты ее характеризующие, области использования. Капиллярное внутрифазовое давление, характеристика, области использования.
13. Капиллярное внутрипоровое давление, характеристика, области использования.
14. Гидрофильные и гидрофобные пласты, характеристика и основные свойства.
15. Способы определения смачиваемости пласта.
16. Влияние смачиваемости на природную и технологическую структуру многофазного
17. Напряжение и деформации нефтегазового пласта.
18. Зависимость деформаций от напряжений, разрушение пород, упругие и пластические деформации.
19. Тензор напряжений и тензор деформаций.
20. Упругие свойства нефтегазовых пластов и взаимосвязь между ними.
21. Пластические свойства нефтегазового пласта, реологические модели, явление ползучести и релаксации напряжений.
22. Прочность и разрушение нефтегазового пласта.
23. Физический механизм разрушения пласта. Теория прочности Мора.
24. Механическое взаимодействие пласта и флюидов, пластовое давление и эффективные напряжения.
25. Влияние напряженного состояния на свойства нефтегазового пласта.
26. Изменение свойств нефтегазового пласта с глубиной.
27. Типы волн в нефтегазовых пластах и их характеристика.
28. Поглощение и отражение упругих волн, коэффициенты характеризующие явление.
29. Взаимодействие упругих волн с нефтегазовым пластом.
30. Волновые свойства нефтегазовых пластов, их определни и области использования.

31. Природный тепловой режим нефтегазового пласта, характеризующие его параметры и свойства.
32. Типы теплопроводности и их физический смысл.
33. Тепловые свойства нефтегазового пласта, характеристика и область использования.
34. Влияние температуры на изменение физических свойств нефтегазового пласта.
35. Изменение свойств нефтегазового пласта в процессе разработки залежи.
36. Физическое состояние углеводородных систем в нефтегазовых пластах и характеристики этих состояний.
37. Основные понятия фазового состояния углеводородных смесей.
38. Фазовые диаграммы однокомпонентных и многокомпонентных систем.
39. Уравнения состояния идеальных и природных газов.
40. физические свойства реальных газов.
41. Физические свойства газового конденсата.
42. Физические свойства природных нефтей.
43. Вода в нефтегазовых пластах, формы нахождения и свойства.
44. Фазовые превращения углеводородных систем.

8. Основная и дополнительная литература:

а) основная литература:

1. Михайлов Н.Н. Физика нефтяного и газового пласта.
- М., Макс-Пресс, 2008. - 447 с. (учебное пособие).
2. Михайлов Н.Н. Проницаемость пластовых систем. - М.: РГУ нефти и газа, 2006. - 180 с.
(учебное пособие).
3. Тиаб Дж., Доналдсон Эрл.Ч. Петрофизика: теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов / Перевод с английского. М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2009. - 868 с., ил. - (промышленный инжиниринг, т.39).
4. Михайлов Н.Н., Ермилов М.О., Сечина Л.С. Экспериментальное исследование смачиваемости и анализ ее влияния на фильтрационно-емкостные свойства продуктивных коллекторов Неокомской залежи Ново-Уренгойского и Ямбургского месторождений - Новосибирск, издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 2012. - 58 с.
5. Михайлов Н.Н., Ермилов М.О., Моторова К.А., Шелепанов С.С. Обзор о обобщение экспериментальных данных по оценке фильтрационно-емкостных свойств пластов и технологий воздействия на призабойную зону пласта с целью повышения продуктивности скважин - Новосибирск, издательство Сибирского отделения Российской академии наук, 2013. - 131 с.

б) дополнительная литература:

1. Гиматудинов Ш.К., Ширковский А.И. Физика нефтяного и газового пласта. - М.: Учебник, Недра, 1982.
2. Гиматудинов Ш.К., Дунюшкин И.И., Нагорный Л.А. Сборник лабораторных работ по курсу «Физика нефтяного пласта». - М.: 1987.
3. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. - М.: Недра, 1978, 390 с.
4. Михайлов Н.Н. Остаточное нефтенасыщение разрабатываемых пластов. - М.: Недра, 1992, 270 с.
5. Михайлов Н.Н. Информационно-технологическая геодинамика околоскважинных зон. - М.: Недра, 1996, 370 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программные пакеты MatLab, MAPLE, Mathematica, Exel.

Электронные материалы по курсу, отечественная и зарубежная литература для написания курсовых работ по поисковой системе Google, электронный материал к курсу лекций, набор слайдов и презентаций.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- аудиторный фонд ИПНГ РАН,
- ноутбук, мультимедиа-проектор, экран, учебная доска,
- рабочее место с выходом в интернет,
- библиотечный фонд ИПНГ РАН.