

Московский государственный университет
имени М.В.Ломоносова

геологический факультет

Москва, Ленинские горы

Тел.: 939 23 94

ВЫ П И С К А

из протокола № 8 заседания Учёного совета геологического факультета МГУ
от «29» ноября 2018 года
/подлинник протокола находится в делах совета факультета/

СЛУШАЛИ: об утверждении программ дополнительного образования по профессиональной переподготовке, проводимой кафедрой сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ.

РЕШЕНИЕ СОВЕТА: Утвердить программы дополнительного образования по профессиональной переподготовке «Петрофизик-интерпретатор ГИС в поддержку сейсморазведки (AVO инверсия)» (254 ак.часов); "Сейсморазведчик-интерпретатор (AVO, инверсия)" (254 ак.часов) для слушателей группы компаний ПАО «НК «Роснефть»» по заказу этой организации в период с 10.12.2018 г. по 24.05.2019 г.; программу повышения квалификации «Морская разведочная геофизика» (144 ак.часа) для слушателей компании ПАО «Газпром нефть» по заказу этой организации в период с 17.12.2018 г. по 30.04.2019 г.

Председатель Учёного совета
академик



Д.Ю.Пущаровский

Учёный секретарь совета
доцент

М.Е.Успенская

3

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан геологического факультета

академик _____ Д.Ю. Пущаровский

_____ 20__ г.



Программа дополнительного образования
по профессиональной переподготовке
«Петрофизик-интерпретатор ГИС в поддержку сейсморазведки
(AVO, инверсия)»

Москва, 2018

1. Цель реализации программы

- Профессиональная переподготовка специалистов в области петрофизической интерпретации в поддержку сейсморазведки (AVO, инверсия).

Формализованные результаты обучения

Компетенция	Уровень владения
Методы геологической корреляции данных сейсморазведки и ГИС	2
Методы оценки ресурсов и подсчета запасов	2
Исследования петрофизических свойств обломочных (песчано-глинистых) пород	2
Исследования петрофизических свойств карбонатных пород	2
Построение и анализ синтетических сейсмограмм	2
Использование атрибутивного анализа для прогноза коллекторских свойств горных пород	2
Использование акустического/упругого импеданса для прогноза коллекторских свойств горных пород	2
Оценка коллекторских свойств пласта по данным сейсмики	3
Лабораторные методы исследования физических свойств горных пород	3
Применение методов скважинной сейсмоакустики для изучения разреза скважин	2
Основы геофизических исследований скважин. Составление программы ГИС	3
Интерпретация данных электрического каротажа (ЭК)	3
Интерпретация данных акустического каротажа (АК)	3
Интерпретация данных низкочастотного кросс-дипольного акустический каротаж (АКШ)	3
Интерпретация данных ядерно-физических методов ГИС	3
Интерпретация данных ядерно-магнитного каротажа (ЯМК)	3
Использование данных скважинных имиджеров	3
Введение поправок на окружающие условия (условия измерения)	3
Петрофизические свойства пород и их использование	3
Исследование глинистости пород-коллекторов	3
Детерминистские методы оценки пласта - Водонасыщенность (S_w)	3
Описание и анализ керна	2
Стандартный анализ керна	2
Специализированный анализ керна	2
Калибровка данных ГИС по керну	3
Типы и свойства пластовых флюидов	2
Упругие свойства пород	2

Анализ упругих свойств с целью разделения пород по литологии	2
Объемная модель пород	3
Моделирование упругих свойств пород	3

2 уровень	3 уровень
Знание	Опыт
Теоретические знания о методике или технологии. Знание порядка или процедуры их применения.	Опыт самостоятельного применения методики или технологии. Способность оценить риски применения методики или технологии в разных условиях.

2. Содержание программы

Программа разработана как программа дополнительного образования по профессиональной переподготовке специалистов, обладающих современными знаниями в области геолого-геофизической интерпретации архивных и современных материалов сейсморазведки, ГИС и исследований керна, осуществления анализа и моделирования упругих свойств пород.

Категория слушателей - специалисты с высшим и средним специальным образованием.

Срок обучения – 254 часа, 6 недель (с учетом итоговой аттестации).

Режим занятий – очно-аудиторные (лекции и практические занятия).

За время обучения слушатели проходят следующие учебные курсы:

1. Основы петрофизики (40 часов).
2. Геофизические исследования скважин (50 часов).
3. Нефтегеологическая интерпретация данных сейсморазведки и ГИС (84 часа).
4. Математическая физика горных пород (Rock Physics) (80 часов).

Предусмотрены следующие практические занятия:

1. В рамках курса «Основы петрофизики» - Геологический факультет МГУ (40 часов):
 - Измерения плотности, пористости и проницаемости горных пород.

- Измерения скорости продольных волн на образцах горных пород. Статистический анализ результатов.
- Измерения электрического сопротивления на образцах горных пород. Статистический анализ результатов.
- Измерения плотности и вещественного состава радиоактивными методами.
- Методы обработки и анализа комплекса петрофизических данных. Построение петрофизических разрезов и моделей.

2. В рамках курса «Геофизические исследования скважин» - Геологический факультет МГУ (50 часов):

- Комплексная интерпретация материалов по методам самопроизвольной поляризации и кажущегося сопротивления без фокусировки тока. Литологическое расчленение разреза, выделение коллекторов, их характера насыщения. Определение сопротивлений пластовой воды по данным ПС.
- Комплексная интерпретация материалов по методу бокового каротажного зондирования, включая метод самопроизвольной поляризации, индукционный метод, гамма-метод, нейтронный метод, кавернометрию, боковой каротаж, микрозондирование. Литологическое расчленение разреза, выделение коллекторов, их характера насыщения. Оценка коэффициента водонасыщенности коллекторов по методу БКЗ.
- Комплексная интерпретация материалов по индукционному методу, включая метод самопроизвольной поляризации, кавернометрию, боковой каротаж, микрозондирование. Литологическое расчленение разреза, выделение коллекторов, их характера насыщения. Оценка удельного сопротивления коллекторов по индукционному методу.
- Комплексная интерпретация материалов по акустическому методу, кавернометрии, гамма-методу и нейтронному методу. Оценка коэффициента пористости коллекторов с поправкой за глинистость. Построение геоакустической модели среды. Оценка качества цементирования по данным АК на головных волнах.
- Работа в системе GeoOffice Solver. Ознакомление и получение навыков работы с основными средствами ввода данных ГИС, проверки качества кривых и их коррекции. Получение навыков работы с окном “Планшет”.

- Работа в системе GeoOffice Solver. Получение навыков работы по расчленению разреза скважины на пласты, обучение определению пластовых характеристик, обучение контролю качества и коррекции выделения границ пластов и снятых отсчетов. Получение навыков по литологическому расчленению разреза.
- Работа в системе GeoOffice Solver. Обучение определению удельного электрического сопротивления пород по данным электрометрии. Получение навыков работы с программными средствами.
- Работа в системе GeoOffice Solver. Получение навыков по литологическому расчленению разреза по косвенным признакам. Расчет фильтрационно-емкостных свойств колл-екторов с привлечением программных средств интерпретации.

3. В рамках курса «Нефтегеологическая интерпретация данных сейсморазведки и ГИС» - Геологический факультет МГУ (80 часов):

- Создание базы данных проекта сейсмической интерпретации в компьютере.
- Обоснование выбора целевых горизонтов.
- Привязка сейсмических отражений к скважине.
- Корреляция сейсмических отражений, тектонических нарушений и построение карт изохрон.
- Преобразование времен в глубины и построение карт глубин и толщин.
- Обоснование и расчет сейсмических атрибутов.
- Построение карт прогнозных петрофизических параметров методами геостатистики.
- Сиквенс-стратиграфическая интерпретация сейсмического разреза.
- Составление отчета о результатах работы с иллюстрациями, выводами и рекомендациями.

4. В рамках курса «Математическая физика горных пород (Rock Physics)» - Геологический факультет МГУ (80 часов):

- Запись тензоров упругости и податливости в матричной форме.
- Общее решение однородного волнового уравнения (без источника).
- Определение групповой скорости.
- Запись решения неоднородного волнового уравнения с произвольным источником.

- Получение ограничений на компоненты эффективного тензора упругости с помощью усреднений Фойгта и Ройсса.
- Основные методы расчета эффективных упругих свойств порово-трещиноватых сред.
- Задание случайно-неоднородной среды с помощью корреляционных функций.

3. Формы контроля:

- Прием практических заданий, написание и защита рефератов, собеседование по пройденному материалу.
- Экзамены и зачеты в соответствии с учебным планом.
- Общий квалификационный экзамен в конце программы.

Учебно-тематический план программы дополнительного образования по профессиональной переподготовке «Петрофизик-интерпретатор ГИС в поддержку сейсморазведки (AVO, инверсия)» (Таблицы № 1, 2, 3, 4)

Таблица № 1

Учебно-тематический план программы дополнительного образования по профессиональной переподготовке по курсу «Основы петрофизики»					
№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1	Факторы, определяющие физические свойств горных пород (Типы физических свойств пород и подходы к их изучению. Многообразие определяющих факторов. Атомная структура химических элементов. Электронная и кристаллическая структуры, типы связей. Изоморфизм, полиморфизм. Лито-петрологические характеристики пород: состав, структура, текстура. Анизотропия)	6	6		Собеседование
2	Плотность, упругость,	8	4	4	Прием практических заданий

	фильтрационно-емкостные свойства пород (Общие понятия плотности, упругости. Скорости упругих волн и упругие модули химических элементов и минералов. Плотность минералов, жидкостей, газов. Плотность различных типов горных пород: магматических, эффузивных, осадочных и метаморфических. Способы определения плотности горных пород. Пористость: виды пористости, поровый состав горных пород. Способы измерения пористости. Вода, нефть, газ в горных породах. Глинистость, влагоемкость пород. Проницаемость, виды проницаемости, способы измерения. Породы- коллекторы, водоупоры)				
3	Электрические и электромагнитные свойства горных пород (Электрические свойства химических элементов, минералов и пород. Модели электропроводности осадочных пород. Параметр пористости. Естественная и вызванная электрохимическая активность. Диэлектрическая проницаемость водонасыщенных горных пород. Пьезоэлектрический и сейсмoeлектрический эффекты)	8	4	4	Прием практических заданий.
4	Радиоактивные свойства горных пород (Естественная радиоактивность минералов и горных пород.	8	4	4	Прием практических заданий.

	Радиоактивность магматических пород и пород осадочного комплекса. Изменение радиоактивности в ходе метаморфических и метасоматических процессов. Распределение и миграция урана, тория, калия в земной коре. 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)				
5	Петрофизика при комплексной интерпретации геофизических данных (Петрофизическая классификация минералов, горных пород, геологических объектов. Статистическая обработка петрофизических данных. Анализ петрофизической информации. Взаимосвязи между параметрами горных пород. Определение и классификация петрофизических моделей. Петрофизическое районирование. Петрофизические модели нефтегазоносных и рудных объектов.)	10	4	6	Прием практических заданий
	ИТОГО ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	40	22	18	экзамен

Таблица № 2

Учебно-тематический план программы дополнительного образования по профессиональной переподготовке по курсу «Геофизические исследования скважин»					
№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1	Классификация методов ГИС; схема получения, преобразования и регистрации; прямые и обратные задачи ГИС. (Основные определения. Цели и задачи ГИС. История развития ГИС. Классификация методов ГИС. Схема получения, преобразования и регистрации скважинных данных. Прямые и обратные задачи. Соотношение методов, основанных на исследовании керна и ГИС. Роль и место ГИС на различных стадиях горно-геологических работ. Скважина как объект геофизических исследований)	2	2		собеседование
2	Электрические и электромагнитные методы ГИС (Удельное электрическое сопротивление (УЭС) коллекторов. Оценка коэффициентов водо- и нефтегазонасыщения. Виды электрической проводимости горных пород. УЭС глин и глинистых пород. Метод самопроизвольной поляризации. Метод кажущегося сопротивления без фокусировки тока. Потенциал- и градиент-зонды. Виды диаграмм и правила работы с ними. Стандартный каротаж. Боковое каротажное зондирование. Микрокаротаж. Резистивиметрия.	10	5	5	Прием практических заданий

	Боковой каротаж. Микробоковой каротаж. Пластовая наклонотририя.. Индукционный каротаж. Диэлектрический каротаж)				
3	Ядерно-физические методы ГИС (Физические основы ядерно-физических методов (ЯФМ). Задачи, решаемые с помощью ЯФМ. Гамма-каротаж. Естественная радиоактивность горных пород. Спектрометрический вариант гамма каротажа. Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Источники гамма-квантов и детекторы излучения. Взаимодействие нейтронов с веществом. Источники нейтронов и детекторы излучения. Плотностной гамма-гамма каротаж. Стационарный нейтронный каротаж и его модификации. Импульсный нейтронный каротаж. Спектрометрический импульсный нейтронный гамма каротаж)	8	4	4	Прием практических заданий
4	Сейсмоакустические методы ГИС (Классификация сейсмоакустических методов и задачи, решаемые ими. Физические основы сейсмоакустических методов. Типы волн в двухфазных средах. Акустический каротаж. Основные типы волн, регистрируемые в методе АК. Зонды акустического каротажа. Виды записи. Задачи, решаемые с	8	4	4	Прием практических заданий

	помощью АК. Уравнения среднего времени и средней скорости. Акустический каротаж на отраженных волнах. Скважинная сейсморазведка. Сейсмокаротаж и вертикальное сейсмическое профилирование. Геоакустическая модель среды)				
5	Комплексная геологическая интерпретация; выделение коллекторов, определение литологии, фильтрационно-емкостных свойств и нефтегазонасыщенности (Комплексное применение методов ГИС при поиске и разведке нефтегазовых месторождений: литологическое расчленение разрезов, выделение коллекторов, оценка характера насыщения, коэффициента пористости, проницаемости, нефтегазонасыщенности, определение эффективной мощности, построение типовых и нормальных геолого-геофизических разрезов, корреляция скважин, построение профильных геолого-геофизических разрезов. Комплексное применение методов ГИС при контроле разработки нефтегазовых месторождений)	14	10	4	Прием практических заданий
6	Современные методы ГИС (Электрические сканеры и задачи, решаемые с их помощью. Высокочастотное индукционное	8	6	2	Прием практических заданий

каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ). С/О-каротаж. Ядерно-магнитный каротаж в естественном поле Земли (ЯМК). Продольная и поперечная релаксации. Методика определения индекса свободного флюида (ИСФ). Ядерно-магнитный каротаж в искусственном поле. Акустическая кавернометрия и профилометрия, скважинное акустическое телевидение (акустический микроимиджер))				
ИТОГО ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	50	31	19	экзамен

Таблица № 3

Учебно-тематический план программы дополнительного образования по профессиональной переподготовке по курсу «Нефтегеологическая интерпретация данных сейсморазведки и ГИС»					
№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1	Теоретические вопросы геологической интерпретации геофизических данных	6	6		Собеседование
2	Сейсмическая стратиграфия (Основные принципы структурной интерпретации. Палеоструктурный анализ. Базовые понятия сейсмостратиграфии; основные характеристики сейсмических отражений, используемых в сейсмостратиграфии, и их геологическая значимость. Подошвенное несогласие: налегание	8	4	4	Прием практических заданий

	или прилегание в подошве. Кровельное прилегание. Эрозионный срез. Определение и характеристики сейсмических комплексов. Морфологические типы сейсмофаций и их геологическая интерпретация. Сейсмоседиментационные реконструкции. Признаки геологических объектов на сейсмических данных. Типы границ: стратиграфические, литологические, физические, сейсмические и их соотношение. Хроностратиграфическая значимость сейсмических границ. Факторы, влияющие на амплитуду отражения. Расчленение сейсмических разрезов на структурно-литологические этажи (СЛЭ), сейсмические комплексы (СК), сейсмофации (СФ). Типы, ранг несогласий, другие признаки выделения СЛЭ, СК и СФ)				
3	Структурные построения и скорости (Способы трансформации времен в глубины. Структурные построения по данным миграции до суммирования. Структурный анализ: структурные (глубинные) карты, карты толщин, палеокарты (выравнивание на серию горизонтов), изобахический треугольник. Параметрический анализ поверхностей (рельефа): градиент, азимут, искусственные тени.	8	4	4	Прием практических заданий

	Основные термины и понятия: типы нарушений (сброс, взброс, надвиг, сдвиг), основные элементы и характеристики нарушений (амплитуда, крылья и т. п.).				
4	Тектонические нарушения и трещиноватость (Критерии выделения на временных разрезах дизъюнктивных нарушений. Признаки нарушений на сейсмических разрезах. Признаки нарушений в разрезах скважин. Выделение нарушений сейсмическими атрибутами: когерентность, тени на поверхности изохрон, градиент наклона поверхности (производная). Типизация нарушений по их геометрии на сейсмических разрезах и картах: сбросы и взбросы, сколы Ридля, сдвиги, надвиги)	8	4	4	Прием практических заданий
5	Геологическое моделирование (Рабочая последовательность геологического моделирования. Моделирование фаций/литологии. Моделирование свойств. Масштабирование (upscaling) измерений. Лаборатория⇒ Каротаж ⇒ Межскважинные измерения ⇒ ВСП ⇒ сейсмика. Различие частот - различие размеров образцов измерений - различие длины волны)	8	8		Собеседование
6	Сейсмические атрибуты (Акустический импеданс. Факторы,	8	4	4	Прием практических заданий

	определяющие скорость упругих колебаний. Выбор окна анализа атрибутов. Объектная классификация атрибутов: разрез, отражение, объем. Виды атрибутов. Интервал расчета/анализа по шкале времен: дискретные, оконные, интервальные. Интервал расчета/анализа по поверхности: однотрассные - горизонтальный анализ, вертикальный анализ (поглощение и пр.), многотрассные (геометрические атрибуты). Атрибуты инверсий (ПАК и пр.). Атрибуты сейсмограмм (АВО и пр.). Горизонтальные срезы. Седиментационные (палео-) срезы. Конструирование атрибутов)				
7	Геостатистика и картопостроение (Роль и место интерполяции в интерпретации сейсмических данных, классификация алгоритмов интерполяции. Формулировка задачи интерполяции: представление в виде суммы тренда и взвешенной суммы значений в контрольных точках, оценка трендовой составляющей, метод обратного расстояния, зависимость результата от весовых функций. Пространственная корреляция: математическое ожидание, дисперсия, ковариация, стационарность и пространственная однородность,	8	4	4	Прием практических заданий

	свойства функции пространственной ковариации (корреляции), эффект самородка, примеры случайных функций и их коррелограмм, коррелограмма и спектральная плотность, вариограмма. Кригинг: кригинг как интерполяция с оптимальными весовыми функциями, зависимость результата кригинга от формы коррелограммы, влияние эффекта самородка, влияние радиуса корреляции. Кокригинг: наличие дополнительной информации, «первичные» и «вторичные» переменные, система уравнений, структура матрицы, Colocated Cokriging – частный случай кригинга, использование алгоритма Colocated Cokriging при прогнозе свойств пород в межскважинном пространстве)				
8	Сиквенсная стратиграфия (Концепция секвенсстратиграфии. Факторы, контролирующие архитектуру осадочных толщ и их стратиграфию. Аккомодация и относительный уровень моря. Нормальная и форсированная регрессии. Секвенции; системные тракты; парасеквенции. Принципиальное строение обломочных секвенций. Принципиальное строение карбонатных секвенций. Выделение	8	8		Прием практических заданий

	элементов секвенций на временных сейсмических разрезах. Определения секвенции и границы секвенции. Сейсмические и геологические отличия поверхности максимального затопления и границы секвенции. Основные подразделения секвенций. Сейсмическая и фациальная характеристика нижнего системного тракта. Основные факторы, определяющие внутреннее строение секвенций)				
9	Прогнозирование упругих свойств пород (Факторы, контролирующие плотность и скорость. Уравнения связи параметров упругости и деформаций. Границы Войта (Voigt) и Рюйса (Reuss). Уравнение Войта-Рюйса-Хилла (Hill). Модуль упругости смеси флюидов - Уравнение Вуда (Wood). Модуль упругости смеси зерен минералов. Уравнение среднего времени Уилли и его применение. Уравнение Гассмана и его применение. Плотность - Уравнение масс-баланса. Типы пористости: общая, нейтронная, плотностная (гамма-гамма), открытая, эффективная, динамическая. Методы определения пористости, типы пористости)	8	4	4	Прием практических заданий
10	Геолого-геофизическая интерпретация карбонатных разрезов (Карбонатные обстановки	6	6		Собеседование

	осадконакопления. Признаки органогенных построек на сейсмических разрезах: одиночные рифы, краевые и барьерные рифы, характеристика зарифовых и предрифовых областей. Карстообразование и его признаки на сейсмических разрезах. Вторичные изменения. Изменение петрофизических свойств и литологии карбонатных пород на сейсмических данных)				
11	Методические приемы прогноза структуры и свойств нефтегазопроисловых объектов на основе комплексной интерпретации геолого-геофизических данных	8	4	4	Прием практических заданий
	ИТОГО ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	84	56	28	экзамен

Таблица № 4

Учебно-тематический план программы дополнительного образования по профессиональной переподготовке по курсу «Математическая физика горных пород (Rock Physics)»					
№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
Часть 1. «Эффективные физические свойства горных пород»					
1	Основные понятия механики сплошных сред. Понятие эффективной среды; параметры эффективных сред	4	4		Собеседование
2	Теория упругости анизотропных сред. Волны в анизотропных средах. Горная порода как микронеоднородная макроанизотропная среда	8	4	4	Собеседование,

3	Основы построения разномасштабных математических моделей эффективных физических свойств горных пород	4	4		Собеседование
4	Единый математический подход в изучении транспортных свойств порово- трещиноватых сред	8	4	4	Собеседование
Часть 2. «Петрофизические модели в нефтегазовой сейсморазведке»					
5	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	8	4	4	Прием практических заданий
6	Задание верхней и нижней границы упругих модулей пористой среды как смеси разных компонент. Границы упругих модулей Фойгта- Ройса-Хилла .Границы упругих модулей Хашина-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 всестороннего сжатия и плотности смеси флюидов.	12	4	8	Прием практических заданий
7	Модель Гассмана. Эффект замещения флюида. Систематические искажения при моделировании флюидозамещения	8	4	4	Прием практических заданий
8	Эмпирические модели эффективных	8	4	4	Прием

	сред. Теоретические модели зернистых сред. Теоретические модели, учитывающие геометрию порового пространства Самосогласованные модели. Дифференциальная модель. Четырехфазная эффективная модель.				практических заданий
9	Упругие модели трещиноватых сред. Модель Хадсона. Модель Шоенберга. 6Расчет эффективных анизотропных модулей среды с одной и двумя системами трещин.	12	4	8	Прием практических заданий
10	Диагенетический и седиментационные глубинные тренды в песчано-глинистых породах. Петрофизические свойства пород как функция уплотнения Глубинные тренды как ограничение при AVO-анализе	8	4	4	Прием практических заданий
	ИТОГО ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	80	40	40	экзамен

5. Сведения об обеспеченности образовательного процесса специализированным и лабораторным оборудованием

Лекции проводятся в специализированных аудиториях, оборудованных мультимедийным проектором, экраном, доской для написания фломастерами, а также в компьютерном классе.

6. Учебно-методическое обеспечение программы

В учебном процессе используются учебные пособия, изданные авторами по данному курсу (раздаются слушателям) и презентации лекций (также даются слушателям). По темам, рассматриваемым в курсе, имеется дополнительная литература в цифровом виде.

7. Требования к результатам обучения

По окончании обучения – выдача дипломов государственного образца о профессиональной переподготовке на основании успешной сдачи государственного аттестационного экзамена.

8. Перечень основных вопросов для аттестации.

Перечень основных вопросов для аттестации по курсу "Основы петрофизики"

1. Петрофизика, как инструмент настройки геофизических методов.
2. Роль Петрофизики при подсчете запасов полезных ископаемых.
3. Многомерный корреляционный анализ.
4. Комплексные петрофизические связи при решении геологических задач.
5. Факторы, влияющие на неоднородность горных пород.
6. Значение и роль априорных петрофизических данных при геологической интерпретации геофизических аномалий.
7. Оценка плотности и вещественного состава пород радиоактивными методами.
8. Многомерный корреляционный анализ.
9. Сопоставление КЕРН-ГИС для оценки достоверности геофизических методов.
10. Обоснование многомерных петрофизических моделей.
11. Типы физических свойств пород и подходы к их изучению. Многообразие определяющих факторов.
12. Атомная структура химических элементов. Электронная и кристаллическая структуры, типы связей.
13. Изоморфизм, полиморфизм.
14. Лито-петрологические характеристики пород: состав, структура, текстура.
15. Анизотропия физических свойств горных пород.
16. Общие понятия плотности, упругости.
17. Скорости упругих волн и упругие модули химических элементов и минералов.
18. Плотность минералов, жидкостей, газов.
19. Плотность различных типов горных пород: магматических, эффузивных, осадочных и метаморфических.
20. Способы определения плотности горных пород.
21. Пористость: виды пористости, поровый состав горных пород.
22. Способы измерения пористости.
23. Вода, нефть, газ в горных породах.
24. Глинистость, влагоемкость пород.
25. Проницаемость, виды проницаемости, способы измерения.
26. Породы- коллекторы, водоупоры
27. Электрические свойства химических элементов, минералов и пород.

28. Модели электропроводности осадочных пород.
29. Параметр пористости.
30. Естественная и вызванная электрохимическая активность.
31. Диэлектрическая проницаемость водонасыщенных горных пород.
32. Пьезоэлектрический и сейсмoeлектрический эффекты.
33. Естественная радиоактивность минералов и горных пород.
34. Радиоактивность магматических пород и пород осадочного комплекса.
35. Изменение радиоактивности в ходе метаморфических и метасоматических процессов.
36. Распределение и миграция урана, тория, калия в земной коре.
37. Процессы и виды взаимодействия гамма-излучения с горными породами.
Решаемые задачи по видам взаимодействия.
38. Нейтроны и процессы их взаимодействия с горными породами.
39. Нейтронные характеристики горных пород и их связи с физическими свойствами и элементным составом пород
40. Петрофизическая классификация минералов, горных пород, геологических объектов.
41. Статистическая обработка петрофизических данных.
42. Анализ петрофизической информации.
43. Взаимосвязи между параметрами горных пород.
44. Определение и классификация петрофизических моделей.
45. Петрофизическое районирование.
46. Петрофизические модели нефтегазоносных и рудных объектов.

Перечень основных вопросов для аттестации по курсу "Геофизические исследования скважин"

1. Основные определения. Цели и задачи ГИС. История развития ГИС.
2. Классификация методов ГИС. Схема получения, преобразования и регистрации скважинных данных.
3. Прямые и обратные задачи, специфика обратных задач. Соотношение методов, основанных на исследовании керна и ГИС. Роль и место ГИС на различных стадиях горно-геологических работ. Скважина как объект геофизических исследований.

4. Классификация электрических и электромагнитных методов ГИС и задачи, решаемые ими.

5. Виды электрической проводимости горных пород. Ионная проводимость как основной вид проводимости коллекторов. Удельное электрическое сопротивление (УЭС) коллекторов. Схема капилляра. Первая и вторая формулы Арчи-Дахнова. Оценка коэффициентов водо- и нефтегазонасыщения.

6. Виды электрической проводимости горных пород. УЭС глин и глинистых пород. Схема капилляра. Поверхностная проводимость и ее роль при формировании УЭС глин и глинистых пород.

7. Виды проявления естественной поляризуемости горных пород: диффузионно-адсорбционная, фильтрационная активности, окислительно-восстановительная активность.

8. Метод самопроизвольной поляризации (ПС). Причины образования естественных потенциалов в скважине. Зонды, решаемые задачи и ограничения метода.

9. Фактические и статические и диаграммы ПС против пластов основных типов горных пород. Работа с фактическими диаграммами ПС. Методика проведения и влияние условий на измерения методом ПС.

10. Метод электродных потенциалов (МЭП). Метод вызванных потенциалов (ВП).

11. Метод кажущегося сопротивления без фокусировки тока (КС). Электрическое поле точечного источника в однородной проводящей среде. Формула для расчета УЭС в однородной изотропной среде. Реальные и идеальные зонды метода КС и их обозначения. Формулы для расчета УЭС зондами КС.

12. Метод кажущегося сопротивления без фокусировки тока (КС). Потенциал- и градиент-зонды. Виды диаграмм и правила работы с ними. Стандартный каротаж.

13. Боковое каротажное зондирование (БКЗ). Техника выполнения, интерпретация и ограничения метода БКЗ. Повышающая и понижающая зоны проникновения.

14. Микрокаротаж (МК). Зонды, виды диаграмм, решаемые задачи и ограничения метода. Резистивиметрия. Метод скользящих контактов (МСК).

15. Боковой каротаж (БК). Зонды, виды диаграмм, решаемые задачи и ограничения метода.

16. Микробоковой каротаж (МБК). Зонды, виды диаграмм, решаемые задачи и ограничения метода. Пластовая наклонометрия.

17. Электрические сканеры и задачи, решаемые с их помощью.

18. Индукционный каротажа (ИК). Двухкатушечный зонд. Токи Фуко. Связь ЭДС в приемной катушке с проводимостью среды. Компенсационная катушка. Обозначение индукционных зондов.

19. Индукционный каротажа (ИК). Основы применения фокусирующих катушек в методе ИК. Радиальная и вертикальная характеристики зондов. Диаграммы метода и правила работы с ними. Возможности, ограничения и решаемые задачи.

20. Высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование (ВИКИЗ). Зонды, связь регистрируемой величины с УЭС горной породы; решаемые задачи и ограничения метода. Радиальное распределение УЭС в пласте-коллекторе.

21. Диэлектрический каротаж (ДК). Диэлектрические свойства горных пород. Зонды; связь регистрируемой величины с диэлектрической проницаемостью горной породы; решаемые задачи и ограничения метода ДК.

22. Физические основы ядерно-физических методов (ЯФМ). Классификация и отличительные особенности методов ЯФМ. Задачи, решаемые с помощью ЯФМ.

23. Гамма-каротаж (ГК). Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Естественная радиоактивность горных пород. Зонды, обработка и интерпретация диаграмм, решаемые задачи.

24. Спектрометрический вариант гамма каротажа (СГК). Обработка результатов и решаемые задачи.

25. Физические основы ядерно-физических методов (ЯФМ). Взаимодействие гамма-квантов с веществом. Источники гамма-квантов и детекторы излучения.

26. Физические основы ядерно-физических методов (ЯФМ). Взаимодействие нейтронов с веществом. Источники нейтронов и детекторы излучения.

27. Плотностной гамма-гамма каротаж (ГГК-П). Физические основы метода. Зонды, факторы, влияющие на показания метода, глубинность и области применения метода.

28. Стационарный нейтронный каротаж (НК) и его модификации. Физические основы. Зонды и диаграммы, факторы, влияющие на показания метода, глубинность и области применения метода.

29. Импульсный нейтронный каротаж (ИНК). Физические основы. Зонды, факторы, влияющие на показания метода, глубинность и области применения метода.

30. Спектрометрический импульсный нейтронный гамма каротаж (СИНГК). Зонды, факторы, влияющие на показания метода, глубинность и области применения метода. С/О-каротаж.

32. Ядерно-магнитный каротаж в естественном поле Земли (ЯМК). Физические основы. Магнитные свойства горных пород. Вектор ядерной намагниченности. Продольная и поперечная релаксации.

33. Ядерно-магнитный каротаж в естественном поле Земли (ЯМК). Зонд, методика определения индекса свободного флюида (ИСФ), факторы, влияющие на показания метода, глубинность и области применения ЯМК.

34. Ядерно-магнитный каротаж в искусственном поле (ЯМК). Области применения и ограничения метода.

35. Классификация сейсмоакустических методов и задачи, решаемые ими.

36. Физические основы сейсмоакустических методов. Основные определения; факторы, влияющие на кинематические и динамические параметры упругих волн; упругие константы; понятие о теории Френкеля-Био-Николаевского; типы волн в двухфазных средах.

37. Акустический каротаж (АК). Водные и поверхностные волны в скважине. Головные волны в скважине. Образование монотипной и обменной головных волн. Объяснение принципиальной возможности регистрации головных волн в первом вступлении.

38. Акустический каротаж (АК). Волна Стоунли-Лэмба. Основные типы волн, регистрируемые в методе АК.

39. Зонды акустического каротажа. Виды записи. Общая характеристика аппаратуры.

40. Задачи, решаемые с помощью АК. Уравнения среднего времени и средней скорости.

41. Акустический каротаж на отраженных волнах. Акустическая кавернометрия и профилометрия, скважинное акустическое телевидение. Решаемые задачи и ограничения методов.

42. Скважинная сейсморазведка. Сейсмокаротаж и вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП). Принцип построения отражающих границ в методе ВСП. Основные задачи, решаемые с помощью ВСП. Геоакустическая модель среды.

43. Комплексное применение методов ГИС при поиске и разведке нефтегазовых месторождений: литологическое расчленение разрезов, выделение коллекторов.

44. Комплексное применение методов ГИС при поиске и разведке нефтегазовых месторождений: выделение коллекторов, оценка характера насыщения, коэффициента пористости, проницаемости, нефтегазонасыщенности

45. Комплексное применение методов ГИС при поиске и разведке нефтегазовых месторождений: определение эффективной мощности, построение типовых и нормальных

геолого-геофизических разрезов, корреляция скважин, построение профильных геолого-геофизических разрезов.

46. Комплексное применение методов ГИС при контроле разработки нефтегазовых месторождений.

Перечень основных вопросов для аттестации по курсу "Нефтегеологическая интерпретация данных сейсморазведки и ГИС"

1. Понятие о комплексной интерпретации геолого-геофизических данных.
2. Основные принципы структурной интерпретации. Палеоструктурный анализ.
3. Критерии выделения на временных разрезах дизъюнктивных нарушений.
4. Акустический импеданс. Факторы, определяющие скорость упругих колебаний.
5. Базовые понятия сейсмостратиграфии; основные характеристики сейсмических отражений, используемых в сейсмостратиграфии, и их геологическая значимость.
6. Подошвенное несогласие: налегание или прилегание в подошве. Кровельное прилегание. Эрозионный срез.
7. Определение и характеристики сейсмических комплексов.
8. Морфологические типы сейсмофаций и их геологическая интерпретация.
9. Концепция секвенсстратиграфии. Факторы, контролирующие архитектуру осадочных толщ и их стратиграфию.
10. Аккомодация и относительный уровень моря. Нормальная и форсированная регрессии. Секвенции; системные тракты; парасеквенции.
11. Принципиальное строение обломочных секвенций.
12. Принципиальное строение карбонатных секвенций.
13. Выделение элементов секвенций на временных сейсмических разрезах.
14. Принципы выделения каротажных фаций, примеры каротажных фаций для различных обстановок осадконакопления.
15. Сейсмоседиментационные реконструкции. Атрибутный анализ.
16. Возможности использования результатов геологической интерпретации геофизических данных при поисках скоплений нефти и газа.
17. Основные задачи. Этапы и стадии нефтегазописковых работ. Разрешенность сейсмических данных. Признаки геологических объектов на сейсмических данных.
18. Типы границ: стратиграфические, литологические, физические, сейсмические и их соотношение. Хроностратиграфическая значимость сейсмических границ.

19. Факторы, влияющие на амплитуду отражения. Расчленение сейсмических разрезов на структурно-литологические этажи (СЛЭ), сейсмические комплексы (СК), сейсмofации (СФ). Типы, ранг несогласий, другие признаки выделения СЛЭ, СК и СФ.
20. Стратиграфическая привязка отражений. Региональные исследования: привязка к геохронологической шкале – фазы складчатости, относительные изменения уровня моря (ОИУМ) на основе сеймостратиграфической интерпретации; методы определения возраста – ядерные, палеонтологический и др. Поисково-разведочные исследования: привязка по полю восходящих волн ВСП, привязка по скоростям первых вступлений ВСП, привязка на основе построения синтетических сеймотрасс, передача корреляции от удаленных скважин.
21. Способы трансформации времен в глубины.
22. Структурные построения по данным миграции до суммирования. Структурный анализ: структурные (глубинные) карты, карты толщин, палеокарты (выравнивание на серию горизонтов), изопахический треугольник. Параметрический анализ поверхностей (рельефа): градиент, азимут, искусственные тени.
23. Основные термины и понятия: типы нарушений (сброс, взброс, надвиг, сдвиг), основные элементы и характеристики нарушений (амплитуда, крылья и т. п.).
24. Признаки нарушений на сейсмических разрезах. Признаки нарушений в разрезах скважин. Выделение нарушений сейсмическими атрибутами: когерентность, тени на поверхности изохрон, градиент наклона поверхности (производная). Типизация нарушений по их геометрии на сейсмических разрезах и картах: сбросы и взбросы, сколы Ридля, сдвиги, надвиги.
25. Рабочая последовательность геологического моделирования. Моделирование фаций/литологии. Моделирование свойств.
26. Полярность. SEG-полярность.
27. Оценка влияния полевой методики на сигнал: группирование приемников, источников, схемы отстрела.
28. Влияние процедур обработки на сигнал: коррекция за геометрическое расхождение, зонная фильтрация, поверхностно-согласованная коррекция амплитуд.
29. Выбор окна анализа атрибутов.
30. Объектная классификация атрибутов: разрез, отражение, объем. Виды атрибутов. Интервал расчета/анализа по шкале времен: дискретные, оконные, интервальные. Интервал расчета/анализа по поверхности: однотрассные - горизонтальный анализ,

вертикальный анализ (поглощение и пр.), многотрассные (геометрические атрибуты). Атрибуты инверсий (ПАК и пр.). Атрибуты сейсмограмм (АВО и пр.). Горизонтальные срезы. Седиментационные (палео-) срезы. Конструирование атрибутов.

31. Роль и место интерполяции в интерпретации сейсмических данных, классификация алгоритмов интерполяции.
32. Формулировка задачи интерполяции: представление в виде суммы тренда и взвешенной суммы значений в контрольных точках, оценка трендовой составляющей, метод обратного расстояния, зависимость результата от весовых функций.
33. Пространственная корреляция: математическое ожидание, дисперсия, ковариация, стационарность и пространственная однородность, свойства функции пространственной ковариации (корреляции), эффект самородка, примеры случайных функций и их коррелограмм, коррелограмма и спектральная плотность, вариограмма.
34. Кригинг: кригинг как интерполяция с оптимальными весовыми функциями, зависимость результата кригинга от формы коррелограммы, влияние эффекта самородка, влияние радиуса корреляции.
35. Кокригинг: наличие дополнительной информации, «первичные» и «вторичные» переменные, система уравнений, структура матрицы, Colocated Cokriging – частный случай кригинга, использование алгоритма Colocated Cokriging при прогнозе свойств пород в межскважинном пространстве.
36. Определения секвенции и границы секвенции. Сейсмические и геологические отличия поверхности максимального затопления и границы секвенции.
37. Основные подразделения секвенций. Сейсмическая и фациальная характеристика нижнего системного тракта.
38. Основные факторы, определяющие внутреннее строение секвенций.
39. Факторы, контролирующие плотность и скорость.
40. Уравнения связи параметров упругости и деформаций. Границы Войта (Voigt) и Рюйса (Reuss). Уравнение Войта-Рюйса-Хилла (Hill). Модуль упругости смеси флюидов - Уравнение Вуда (Wood) . Модуль упругости смеси зерен минералов.
41. Уравнение среднего времени Уилли и его применение. Уравнение Гассмана и его применение. Плотность - Уравнение масс-баланса.
42. Типы пористости: общая, нейтронная, плотностная (гамма-гамма), открытая, эффективная, динамическая. Методы определения пористости, типы пористости.

43. Масштабирование (upscaling) измерений. Лаборатория $\Rightarrow$ Каротаж $\Rightarrow$ Межскважинные измерения $\Rightarrow$ ВСП $\Rightarrow$ сейсмика. Различие частот - различие размеров образцов измерений - различие длины волны.
44. Карбонатные обстановки осадконакопления. Признаки органогенных построек на сейсмических разрезах: одиночные рифы, краевые и барьерные рифы, характеристика зарифовых и предрифовых областей.
45. Карстообразование и его признаки на сейсмических разрезах. Вторичные изменения. Изменение петрофизических свойств и литологии карбонатных пород на сейсмических данных.

Перечень основных вопросов для аттестации по курсу "Математическая физика горных пород (Rock Physics)"

1. Горная порода как микронеоднородная, макроскопически анизотропная среда и ее эффективные физические свойства.
2. Закон Гука для однородной среды и горной породы. Запись тензоров упругости и податливости в матричной форме.
3. Уравнение, описывающее упругие волны в безграничной произвольно анизотропной среде. Плоские волны. Общее решение однородного волнового уравнения (без источника). Уравнение Грина – Кристоффеля и определение фазовых скоростей упругих волн. Поверхность Кристоффеля (или поверхность медленности).
4. Определение групповой скорости. Волновой пакет. Уравнение баланса энергии в среде, вектор Умова-Пойтинга и его физический смысл. Физический смысл групповой скорости. Геометрическая интерпретация: положение векторов групповой скорости на поверхности медленности.
5. Особенности распространения волн в сильно анизотропной среде. Обычные волны и каспы.
6. Волновое уравнение с источником. Точечный источник. Определение динамического тензора Грина. Запись решения неоднородного волнового уравнения с произвольным источником.
7. Общая постановка задачи об эффективных свойствах микронеоднородной среды. Математическая формулировка задачи – определение эффективного оператора

- (например, волнового оператора, в динамике, или оператора уравнения равновесия, в статике).
8. Методы Фойгта и Ройсса определения эффективного тензора упругости поликристаллов. Получение ограничений на компоненты эффективного тензора упругости с помощью усреднений Фойгта и Ройсса.
 9. Основные методы расчета эффективных упругих свойств порово-трещиноватых сред. Модель изолированных включений. Аспектное отношение. Метод Эшелби.
 10. Эффективные динамические свойства. Задание случайно-неоднородной среды с помощью корреляционных функций. Корреляционное приближение и рассеяние волн на неоднородностях среды. Зависимость скоростей и затухания упругих волн в случайно-неоднородной среде от частоты и направления.
 11. Осадочные породы (классификация, состав). Литогенез. Основные лито-физические параметры.
 12. Пористость. Сжимаемость горных пород. Вода в горных породах. Глинистость, плотность трещин, проницаемость. Способы их определения
 13. 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.
 14. Простейшие упругие модели сплошных неоднородных сред. Почему не работает «среднее арифметическое». Осреднения Фойгта и Ройсса, Хилла, Александрова.
 15. Уравнение среднего времени. Тонкослоистая среда: осреднение Бэкуса.
 16. Упругие модули сухой породы.
 17. Дифференциальный метод оценки эффективных параметров.
 18. Модели пористых сред Формула Вуда. Примеры зависимостей упругих параметров от пористости. Давление в насыщенной и сухой породе. Сжимаемость пор.
 19. Уравнения Гассмана. Основные допущения. Вывод. Различные формы записи. Задача о замещении флюида.
 20. 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.
 21. Теория Френкеля-Био-Николаевского.
 22. Модель Хадсона. Модель Шоенберга. Их эквивалентность с точки зрения эффективных упругих параметров.

23. Расчет эффективных анизотропных модулей среды с одной и двумя системами трещин.
24. Свойства флюида: адиабатические и изотермические упругие характеристики. Упругие свойства и плотность воды. Упругие свойства и плотность газа. Смесь газов. Упругие свойства и плотность нефти.
25. Соотношение V_p/V_s для пород и минералов. Упругие свойства глин.
26. Петрофизические свойства как функция глубины залегания для песчано-глинистых пород.

9. Составители программы

Калмыков Г.А. (научный руководитель программы) – кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ, ст.н.с., канд. техн. наук (Курс "Основы петрофизики").

Степанов П.Ю. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, доцент, канд. физ.-мат. наук (Курс "Геофизические исследования скважин").

Никитин А.А. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, ст. преподаватель, канд. физ.-мат. наук (Курс "Геофизические исследования скважин").

Жемчугова В.А. - кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ, профессор, докт. геол.-мин. наук (Курс «Нефтегеологическая интерпретация данных сейсморазведки и ГИС»).

Баяк И.О. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, докт. физ.-мат. наук (Курс «Математическая физика горных пород (Rock Physics)»).

Ошкин А.Н. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, ассистент, канд. физ.-мат. наук (Курс «Нефтегеологическая интерпретация данных сейсморазведки и ГИС»).