

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

1. Цель реализации программы

Профессиональная переподготовка специалистов в области сейсмической интерпретации (AVO, инверсия).

2. Формализованные результаты обучения

Компетенция	Уровень владения
Геологическая корреляция	2
Основы геологического картирования	2
Методы оценки ресурсов и подсчета запасов	2
Структурная геология	2
Анализ залегания пластов и структурные построения	2
Структурные реконструкции	2
Принципы распространения сейсмических волн	2
Порядок проведения/контроля качества полевых сейсмических работ	3
Проектирование и планирование сейсмических полевых работ	3
Порядок обработки сейсмических данных и выбор графа обработки	2
Обработка волнового сигнала и масштабирование по амплитуде	3
Статические поправки и анализ скоростей	3
Подавление помех, контроль качества обработки	3
Миграция. Общие положения	3
DMO. Миграция до суммирования.	3
Построение глубинно-скоростной модели. Глубинная миграция до суммирования.	3
Картирование 2D и глубинные преобразования	3
Картирование 3D и глубинные преобразования	3
Синтетические сейсмограммы	3
Амплитудный анализ/ Зависимость амплитуды от удаления	3
Атрибутный анализ	3
Акустический / Упругий импеданс	2
Оценка коллекторских свойств пласта по данным сейсмики	2
Физические свойства горных пород	2
Методы скважинной сейсморазведки	3
Мониторинг/ Методы сейсмических исследований 4D/ мониторинга	2
Несейсмические площадные методы поиска углеводородов	2

2 уровень	3 уровень
Знание	Опыт
Теоретические знания о методике	Опыт самостоятельного применения методики или

или технологии. Знание порядка или процедуры их применения.	технологии. Способность оценить риски применения методики или технологии в разных условиях.
--	--

3. Содержание программы

Программа разработана как программа дополнительного образования по профессиональной переподготовке профессиональных специалистов, обладающих базовыми знаниями по геологии и геофизике, имеющих опыт интерпретации ГИС и петроупругого моделирования.

Категория слушателей - специалисты с высшим и средним специальным образованием.

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

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

За время обучения слушатели проходят следующие учебные курсы:

1. Основы структурной и нефтяной геологии (50 часов).
2. Сейсмостратиграфическая и структурная интерпретация (40 часов).
3. Физические основы динамического анализа сейсмических данных (84 часа).
4. Динамический анализ и инверсия (80 часов).

Предусмотрены следующие практические занятия:

1. В рамках курса «Основы структурной и нефтяной геологии» - по изучению основных типов бассейнов, структурных форм, основам геокартирования, основам нефтегазовой геологии и классификации углеводородных систем (30 часов).
2. В рамках курса «Сейсмостратиграфическая и структурная интерпретация» - по освоению современных программных комплексов и технологий интерпретации данных при поисках месторождений нефти и газа. Геологический факультет МГУ (20 часов).
3. В рамках курса «Физические основы динамического анализа сейсмических данных» - по петроупругому моделированию, AVO-анализу, атрибутивному анализу (36 часов)
4. В рамках курса «Динамический анализ и инверсия»- по атрибутивному анализу сейсмических данных, геологическому моделированию, оценке коллекторских свойств, пространственной интерполяции и инверсии (44 часа).

4. Формы контроля:

- Экзамены в соответствии с учебным планом
- Общий квалификационный экзамен в конце программы.

Учебно-тематический план программы дополнительного образования по профессиональной переподготовке «Сейсморазведчик- интерпретатор (AVO, инверсия)»

Модуль 1. «Основы структурной и геологии и геологического картирования. Углеводородные системы»

№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1	Понятие геологической карты и принципы их составления	2	1	1	
2	Сбросы, их классификации и интерпретация на сейсмических профилях	2	1	1	
3	Сдвиги, их классификации. Транспрессионные и транстенсионные структуры. Интерпретация данных структур на сейсмических профилях.	3	1	2	
4	Складки и их классификации, интерпретация складок на сейсмических профилях.	3	1	2	
5	Соотношения складок и разломов; детечмент-складки, складки пропагации разлома, складки изгиба разлома (рамповые складки). Интерпретация данных структур на сейсмических профилях.	2	1	1	
6	Соляная тектоника. Классификации соляных структур. Соляные подушки, диапиры, экструзии, надвиги. Рафтинг. Интерпретация данных структур на сейсмических профилях.	2	1	1	
7	Типы осадочных бассейнов и основы тектоностратиграфии.	3	2	1	
8	Тектонические карты и принципы их составления.	3	1	2	
9	Основы осадочно-миграционной теории.	4	1	3	
10	Нефтегазоматеринские толщи	5	3	2	
11	Условия генерации и аккумуляции	4	1	3	

	нефти и газа				
12	Понятие природного резервуара	5	2	3	
13	Типы ловушек и залежей УВ	4	1	3	
14	Условия формирования залежей УВ	3	1	2	
15	Углеводородные системы	5	2	3	
	ИТОГО	50	20	30	экзамен

Модуль 2. «Сейсмостратиграфическая и структурная интерпретация»

№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1	Сейсмическая стратиграфия	12	4	8	
2	Тектонические нарушения (Классификация, признаки на сейсмических разрезах)	4	2	2	
3	Структурные построения (трансформация из времен в глубины, структурные построения и их точность, структурный анализ)	16	8	8	
4	Сиквенсная стратиграфия	8	4	4	
	ИТОГО	40	20	20	экзамен

Модуль 3. «Физические основы динамического анализа сейсмических данных»

№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1. 1	Факторы, определяющие физические свойства горных пород Плотность, упругость, фильтрационно-емкостные свойства пород. 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	8	6	2	

	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)				
2.	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.	4	2	2	
3.	Модель Гассмана. Эффект замещения флюида. Систематические искажения при моделировании флюидозамещения	2	2		
4.	Упругие модели трещиноватых сред. Модель Хадсона. Модель Шенберга.	2	2	0	
5.	Глубинные тренды в песчано-глинистых породах. Петрофизические свойства пород как функция уплотнения.	2	2		
6.	Понятие напряжения и деформации. Закон Гука. Волновое уравнение. Плоские гармонические волны в безграничной однородной среде. Скалярный и векторный потенциалы плоских волн. Связь между потенциалом и смещением, потенциалом и давлением.	2	2		
7.	Отражение, обмен и прохождение плоских волн на плоской границе двух упругих изотропных однородных полупространств. Общий подход к выводу коэффициента отражения для потенциалов. Граничные условия. Система уравнений в общем случае. Коэффициенты отражения	6	4	2	

	плоских волн на границах различных сред. Общепринятые аппроксимации коэффициента отражения Р-волны для слабоконтрастных изотропных сред				
8.	Коэффициент отражения от слоя. Частотная характеристика коэффициента отражения от тонкого слоя. Неупругое поглощение. Теоретические модели неупругих сплошных сред. Связь между динамическими характеристиками плоской отраженной волны и параметрами поглощения.	6	4	2	
9.	Основные способы моделирования волнового поля: их сравнительные достоинства и недостатки.	6	2	4	
10	История использования динамики отраженных волн. Понятие сейсмических атрибутов, мгновенные атрибуты, амплитудные атрибуты, геометрические атрибуты, частотные, примеры использования	8	4	4	
11	Прямые признаки углеводородов. Начала AVO. Определение AVO-параметров, их сочетания. AVO-классификации газонасыщенных песков, «яркие» и прочие пятна и их выражение на разрезах AVO – параметров.	4	2	2	
12	Кроссплоты для различных моделей, годограммы, методика моделирования флюида	6	2	4	
13	Практические проблемы AVO-анализа. Шум, направленность источника и группы, наклон границ, наличие кратных, тонкослоистость, влияние кинематических поправок.	4	2	2	
14	AVO-анализ на обменных волнах: кинематические и динамические особенности обменных волн, проблемы обработки данных обменных	2	2		

	волн, AVO-аппроксимации коэффициента отражения обменной волны.				
15	Спектральные методы динамического анализа: СВАН, спектральная декомпозиция, примеры использования, поглощение в дискретных средах, способы определения коэффициентов поглощения	8	4	4	
16	Анизотропия. виды трансверсально-изотропных сред VTI, HTI. Распространение волн в VTI-средах – типы волн, скорости, поляризация, томсеновские параметры анизотропии. Аппроксимации коэффициентов отражения продольных волн, обменных и поперечных волн для VTI сред.	4	2	2	
17	HTI-среды. Отражение Р-волн в плоскости изотропии. Отражение Р-волн в плоскости симметрии. Азимутальные изменения коэффициента отражения Р-волны. Анализ вариаций AVO-градиента. Азимутальные изменения в области больших углов. Изучение трещиноватости. Применение AVO- на продольных волнах для изучения трещиноватых резервуаров. Эффективные параметры трещиноватости. Влияние трещиноватости на Р-AVO.	8	4	4	
	ИТОГО	84	48	36	Экзамен

Модуль 4. «Динамический анализ и инверсия»

№	Наименование раздела	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практические занятия	
1	Геологическое моделирование: исходные данные, вариограммы, моделирование фаций и свойств	4	2	2	
3	Выбор окна анализа атрибутов. Объектная классификация атрибутов	6	0	6	

4	Атрибуты сейсмограмм	4	0	4	
5	Геостатистика. Пространственная интерполяция и атрибутный анализ.	6	4	2	
6	Классификация алгоритмов интерполяции	4	2	2	
7	Пространственная корреляция	4	2	2	
8	Кригинг и кокригинг	4	2	2	
9	Интерпретация данных ГИС	16	8	8	
10	Привязка скважинных данных	4	0	4	
11	Инверсия редких импульсов (sparse-spike), модель-базирующая, рекурсивная и цветная инверсии.	16	8	8	
12	Оценка качества сейсмических данных; влияние исходной модели; параметризация инверсии	4	4	0	
13	Обзор методов инверсии до суммирования упругого импеданса, Lambda-Mu-Rho и синхронной инверсии	8	4	4	
	ИТОГО ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	80	36	44	экзамен

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 структурной и нефтегазовой геологии"

1. Классификации сбросов?
2. Понятие флэта и рампа в структурной геологии?
3. Сдвиги и зоны транспрессии и транстенсии, бассейны типа пулл-апарт и транстенсионные?

4. Положительные и отрицательные цветковые структуры?
5. Классификации складок?
6. Складки подобные и параллельные?
7. Складки паразитические?
8. Складки конседиментационные, слои роста?
9. Детачмент-складки?
10. Складки пропагации разлома?
11. Складки изгиба разлома (надраптовые складки)?
12. Треугольные зоны?
13. Дуплексы?
14. Подошвенный и кровельный надвиг?
15. Нормальная и обратная последовательность надвигообразования?
16. Тришье-зоны?
17. Хорсы в структурной геологии?
18. Классификации геометрии соляных структур?
19. Как образуются соляные диапиры с оторванными головами?
20. Соляные надвиги?
21. Что такое рафтинг в соляной тектонике?
22. Как влияют региональные деформации на соляную тектонику?
23. Построение тектоностратиграфических диаграмм?
24. Что такое граница рифт-пострифт?
25. Что такое граница типа "break-up"?
26. Что такое рифт?
27. Что такое пострифтовый бассейн?
28. Что такое краевой прогиб?
29. Что такое межгорный прогиб?
30. Что такое коллапс орогена?
31. Что такое вулканическая и авулканическая пассивные окраины?
32. Что такое преддуговой, междуговой и задуговой бассейны?
33. Что такое остаточный бассейн?
34. Примеры современных рифтовых бассейнов?
35. Примеры современных краевых прогибов?
36. Примеры вулканических пассивных окраин континентов?
37. Гравитационная тектоника и ее примеры?
38. Как формируются надсубдукционные вулканические дуги?
39. Основные термины для описания складчатых орогенов?
40. Построение сбалансированных разрезов?
41. Какие основные принципы составления геологической карты?
42. Что такое пластовые треугольники?

43. Что такое серия и свита?
44. Типы вулканических и интрузивных пород
45. Как используются аэрофотоснимки в геологическом картировании?
46. Основные положения осадочно-миграционной теории образования нефти
47. Нефтегазоматеринские толщи, их литологические типы и критерии выделения?
48. Типы ОБ и типы керогена
49. Термобарические условия превращения органического вещества. Стадии и градации катагенеза, методы их определения
50. Генерация, аккумуляция, миграция, их формы, виды, масштабы, скорость и дальность
51. Флюидоупоры и их типы
52. Типы коллекторов. Фильтрационно-емкостные свойства пород. Факторы, влияющие на эти свойства
53. Типы природных резервуар
54. Основные элементы залежей нефти и газа. Пластовые и массивные залежи?
55. Антиклинальные ловушки и связанные с ними залежи?
56. Типы экранирования и ловушки связанные с ними?
57. Классификация залежей нефти и газа, принципы классификации?
58. Роль диапировых структур в нефтегазонакоплении
59. Месторождения нефти и газа
60. Основные элементы нефтегеологического районирования: нефтегазоносный бассейн, зоны нефтегазонакопления

Перечень основных вопросов для аттестации по курсу

"Сейсмостратиграфическая и структурная интерпретация "

1. В каких пределах меняются скорости продольных и поперечных волн в горных породах?
2. Как по годографам волн можно определить скорости сейсмических волн в среде?
3. Как связаны между собой глубинность исследований, энергия источника и частотный состав возбуждаемых колебаний?
4. Перечислите основные характеристики сейсмических волн.
5. Что такое «отношение сигнал/помеха»?
6. Характерные искажения форм границ на временных разрезах, их причины и способы устранения.
7. Вертикальная и горизонтальная разрешающие способности сейсморазведки. Глубинность сейсморазведки. Способы повышения разрешающей способности.

8. Построение сейсмических глубинных разрезов. Определение пластовых скоростей. Формула Дикса. Учет преломления лучей.
9. Назначение и принципы реализации миграции сейсмических временных разрезов.
10. Типы границ
 - a. стратиграфические
 - b. литологические
 - c. физические
 - d. сейсмические:
11. Хроностратиграфическая значимость сейсмических границ
12. Сеймостратиграфия
13. Расчленение сейсмических разрезов на структурно-литологические этажи (СЛЭ),
14. Сейсмические комплексы (СК)
15. Сеймофации (СФ).
16. Типы, ранг несогласий, другие признаки выделения СЛЭ, СК и СФ.
17. Структурные построения.
18. Стратиграфическая привязка отражений
19. Региональные исследования
20. Привязка к геохронологической шкале – фазы складчатости, относительные изменения уровня моря (ОИУМ) на основе сеймостратиграфической интерпретации
21. Методы определения возраста – ядерные, палеонтологический и др.
22. Сеймостратиграфическая модель П. Вэйла.
23. Поисково-разведочные исследования
24. Привязка по полю восходящих волн ВСП
25. Привязка по скоростям первых вступлений ВСП
26. Привязка на основе построения синтетических сеймотрасс
27. Передача корреляции от удаленных скважин
28. Способы трансформации времен в глубины
29. По единому закону $H = f(T)$ из данных ВСП
30. По полю скоростей на основе скважин
31. По сейсмическим скоростям (способы оценки – вертикальные и горизонтальные спектры, переборы скоростей, миграционные скорости).
32. Построение от опорных горизонтов послойным методом
33. Структурные построения по данным миграции до суммирования
34. Структурный анализ

35. Структурные (глубинные) карты
36. Карты толщин
37. Палеокарты (выравнивание на серию горизонтов)
38. Изопахический треугольник
39. Параметрический анализ поверхностей (рельефа)
40. Градиент
41. Азимут
42. Искусственные тени
43. Оценка погрешностей структурных построений.
44. Тектонические нарушения
45. Основные термины и понятия
46. типы нарушений (сброс, взброс, надвиг, горизонтальный сдвиг)
47. основные элементы и характеристики нарушений (амплитуда, крылья и т. п.)
48. Признаки нарушений на сейсмических разрезах
49. Признаки нарушений в разрезах скважин (сброс – выпадение разреза, взброс – повторение разреза).
50. Выделение нарушений атрибутами:
51. Когерентность, Тени на поверхности изохрон, Градиент наклона поверхности (производная)
52. Типизация нарушений по их геометрии на поверхности
53. Сбросы и взбросы, Сколы Ридля, Сдвиги, Тектонические блоки

Перечень основных вопросов для аттестации по курсу " Физические основы динамического анализа сейсмических данных "

1. Какова физическая основа прямого индикатора углеводородов « яркое пятно»?
2. Объясните, что такое фоновый тренд на кроссплоте AVO-атрибутов ?
3. В чем отличие метода одновременной инверсии от метода упругих импедансов?
4. Какова физическая основа прямого индикатора углеводородов «тусклое пятно»?
5. Что такое акустический и упругий импедансы и в чем их отличие?
6. Как выглядят 4 класса газонасыщенных коллекторов на кроссплотах AVO-атрибутов?
7. Покажите, что угол наклона линии фонового тренда зависит от соотношения скоростей продольных и поперечных волн во вмещающих породах.

8. Как выглядят зависимости коэффициента отражения от угла падения для 4 классов коллекторов?
9. Как влияет наличие нерегулярного шума на вид кроссплота AVO-атрибутов?
10. Аппроксимации Аки-Ричардса и Шуэ для коэффициента отражения плоской продольной волны, условия, для которых они верны; преимущества по сравнению с уравнениями Цеппритца.
11. Каковы условия применимости аппроксимации Аки-Ричардса для коэффициента отражения плоской продольной волны как функции угла падения?
12. На чем основано представление AVO-атрибутов в виде кроссплотов?
13. Как осуществляется переход от зависимости амплитуд от расстояния между источником и приемником к зависимости от угла падения на границу?
14. Перечислите прямые динамические индикаторы углеводородов на разрезах ОГТ.
15. Какие факторы, не связанные непосредственно со скачком упругих свойств на границе, оказывают наибольшее влияние на AVO-характеристики отраженной волны?
16. Выведите выражение для двучленной аппроксимации Шуэ.
17. AVO-атрибуты для отражения от тонкого слоя.
18. Каковы особенности графа обработки данных, предназначенных для AVO-анализа?
19. Влияние слоистой покрывающей толщи на AVO-атрибуты.
20. Понятие упругого импеданса и упругая инверсия
21. Расскажите о приемах спектральной декомпозиции.
22. Какова физическая основа прямого индикатора углеводородов « смена полярности»?
23. Особенности реализации акустической и упругой инверсии.
24. Какое влияние оказывает наличие анизотропии с вертикальной осью симметрии на AVO-параметры отраженных волн?
25. Какое влияние оказывает наличие анизотропии с горизонтальной осью симметрии на AVO-параметры отраженных волн?
26. Влияние интерференционных эффектов на AVO-анализ.
27. Что такое «мгновенные атрибуты», для чего они применяются?
28. Классификации сейсмических атрибутов.
29. Основные амплитудные атрибуты и области их применения.
30. Основные спектральные атрибуты, область их применения.

31. Образуются ли при нормальном падении плоской волны на плоскую границу обменные волны?
32. Коэффициенты отражения и преломления плоской Р-волны от плоской границы для нормального падения.
33. Коэффициент отражения плоской Р-волны от свободной границы жидкой среды и плоской SH-волны от свободной границы твердой среды для произвольного угла падения.
34. При каких условиях коэффициент отражения плоской волны - действительная величина во всем диапазоне углов падения?
35. Что будет происходить с видом зависимости коэффициента отражения Р-волны от угла падения, если в нижней среде будет увеличиваться плотность (нарисовать схематический вид графиков)?
36. Что будет происходить с видом зависимости коэффициента отражения Р-волны от угла падения, если в нижней среде будет увеличиваться только скорость Р-волн?
37. Что будет происходить с видом зависимости коэффициента отражения Р-волны от угла падения, если в нижней среде будет увеличиваться только скорость S-волн?
38. Возникают ли обменные волны при падении на границу плоской SH-волны?
39. В каких пределах находится величина модуля коэффициента отражения плоской волны?
40. В каком случае коэффициент отражения плоской Р-волны становится комплексной величиной?
41. Какое влияние оказывает наличие неупругого поглощения на динамику продольных и поперечных волн, распространяющихся в поглощающей среде?
42. Основные факторы, влияющие на интенсивность отраженной волны.
43. Основные факторы, влияющие на спектральный состав отраженной волны.
44. Общий вид зависимости коэффициента отражения плоской обменной PS-волны от угла падения.
45. Как влияет преломление на промежуточных границах на амплитуду волны?
46. Оцените потери на поглощение для сигнала с преобладающей частотой 40 Гц в 2000-метровой толще пород с константой поглощения, равной $1 \cdot 10^{-5}$; $2 \cdot 10^{-5}$.
47. Граничные условия для вывода уравнений Цеппритца на границе двух твердых изотропных полупространств.
48. Три сейсмоприемника ориентированы так, что 1-й принимает вертикальную составляющую смещения, 2-й – горизонтальную в направлении профиля, 3-й – горизонтальную, перпендикулярную профилю. Как будет выглядеть простейшая

- волновая картина на трех приемниках для: 1) прямой Р-волны, 2) рэлеевской волны 3) волны Лява 4) отраженной от глубокой границы Р-волны.
49. Изобразите схематически изменение направления движения частиц в волне Рэлея и величины смещения в зависимости от расстояния до свободной границы.
 50. Общий вид зависимости коэффициента отражения плоской Р-волны от угла падения для свободной поверхности.
 51. Какое влияние оказывает свободная поверхность на компоненты смещения, регистрируемые на ней?
 52. Какие типы волн возникают при падении сферической продольной волны на плоскую границу? Каковы их динамические и кинематические особенности?
 53. Запишите выражение для амплитуды волны, отраженной от n -ой границы в поглощающем горизонтально-слоистом разрезе, в лучевом приближении.
 54. Понятие ближней и дальней зоны для сферической волны, их различие.
 55. Проанализируйте поведение коэффициента отражения плоской SH-волны от плоской границы для произвольного угла падения.
 56. Проанализируйте поведение коэффициента отражения плоской Р-волны на границе двух жидкостей для произвольного угла падения.
 57. Коэффициент отражения плоской волны от тонкого слоя.
 58. Основные динамические и кинематические свойства поверхностных волн.
 59. Обоснуйте граничные условия на границе «Твердое тело – жидкость», «жидкость-жидкость», жидкость – воздух.
 60. Связь коэффициента Пуассона и скорости распространения волны Рэлея.
 61. Вывод выражения для вертикальной компоненты смещения плоской гармонической Р-волны, регистрируемой на свободной поверхности для произвольного угла падения. Объясните, какое влияние оказывает свободная поверхность на компоненты смещения, регистрируемые на ней?
 62. Вывод выражения для коэффициента отражения плоской гармонической SH-волны от плоской горизонтальной границы как функции угла падения. Каковы значения этого коэффициента для случая свободной и абсолютно жесткой границ?
 63. Запишите и проанализируйте совместно выражения для коэффициентов отражения плоской гармонической волны для случая наклонного падения для SH- волны и продольной волны давления на границе двух жидких полупространств.
 64. Вывод выражения для коэффициента отражения плоской гармонической волны от слоя мощностью H при нормальном падении.

65. Решение волнового уравнения в случае сферической волны, понятие ближней и дальней зоны для сферической волны, их различие.
66. Основные динамические и кинематические свойства поверхностной волны Рэлея, соотношение между скоростью волны Рэлея и скоростью поперечной волны, зависимость от коэффициента Пуассона.
67. Запишите и обоснуйте граничные условия для границ: «жидкость – жидкость», «жидкость – твердое тело», «твердое тело – твердое тело», «жидкость-воздух», «твердое тело – воздух».
68. Вывод выражения для потенциала плоской гармонической продольной волны при наличии неупругого поглощения. Связь между добротностью и константой поглощения. Влияние поглощения на форму и интенсивность сигнала.
69. Вывод выражения для оценки эффекта преломления плоской волны на промежуточных границах для горизонтально-слоистой среды.
70. Какие типы волн возникают при падении сферической продольной волны на плоскую границу? Каковы их динамические и кинематические особенности? Опишите все возможные типы головных волн, выражение для потенциала головной волны.
71. Вывод выражения для плоской гармонической неоднородной волны. Каковы особенности распространения неоднородных волн?
72. Понятие скалярного и векторного потенциалов и их связь с давлением и смещениями.
73. Вывод выражения для импедансов продольной и поперечной (SH) волн.
74. Вывод выражения для коэффициента отражения плоской продольной волны давления и смещения при нормальном падении на плоскую границу.
75. Свойства волн Рэлея, Лява и Стоунли: сходство и отличие.
76. Особенности распространения волн в поглощающих средах. Понятие дисперсии. Основные модели поглощающих сплошных сред.

Перечень основных вопросов для аттестации по курсу "Динамический анализ и инверсия"

1. Рабочая последовательность геологического моделирования
2. Исходные данные
3. построение структурно-стратиграфического каркаса
4. типы петрофизических свойств и моделирования
5. Анализ распределения свойств по латерали и вертикали –вариограмма

6. Моделирование фаций\литологии
7. Моделирование свойств - (пористость, проницаемость)
8. Моделирование свойств - (нефтенасыщенность)
9. Полярность. SEG-полярность.
10. Оценка влияния полевой методики: группирование приемников, источников, схемы отстрела.
11. Влияние процедур обработки на сигнал: коррекция за геометрическое расхождение, зонная фильтрация, поверхностно-согласованная коррекция амплитуд.
12. Влияние плотности и скорости на амплитуду отражения.
13. Влияние формы границ: полупространство, тонкий пласт, градиентная граница
14. Интерференция – тюнинг- эффект выклинивающегося пласта
15. Влияние петрофизических параметров: пористость
16. Выбор окна анализа атрибутов
17. Объектная классификация атрибутов: разрез, отражение, объем
18. Виды атрибутов:
19. Интервал расчета/анализа по шкале времен: Дискретные, Оконные, Интервальные
20. Интервал расчета/анализа по поверхности:
21. Однотрассные: Горизонтальный анализ ☐ Вертикальный
22. многотрассные
23. Атрибуты инверсий (ПАК и пр.)
24. Атрибуты сейсмограмм (АВО и пр.)
25. Горизонтальные срезы
26. Седиментационные (палео-) срезы
27. Конструирование атрибутов:
28. Пространственная интерполяция и атрибутный анализ.
29. Роль и место интерполяции в интерпретации сейсмических данных,
Классификация алгоритмов интерполяции. Формулировка задачи интерполяции
30. Представление в виде суммы тренда и взвешенной суммы значений в контрольных точках
31. Пример 1: оценка трендовой составляющей.
32. Пример 2: метод обратного расстояния
33. Пример 3: аналогии из теории упругости - форма деформированной тонкой мембраны
34. Зависимость результата от весовых функций.

35. Пространственная корреляция
36. Мат. Ожидание, дисперсия ковариация. Стационарность и пространственная однородность.
37. Свойства функции пространственной ковариации (корреляции). Эффект самородка.
38. Примеры случайных функций и их коррелограмм
39. Коррелограмма и спектральная плотность
40. Вариограмма
41. Кригинг
42. кригинг как интерполяция с оптимальными весовыми функциями
43. Зависимость результата кригинга от формы коррелограммы
44. влияние эффекта самородка
45. влияние радиуса корреляции
46. Кокригинг
47. наличие дополнительной информации. «Первичные» и «вторичные» переменные.
48. Система уравнений, структура матрицы.
49. Colocated Cokriging – частный случай кригинга
50. Использование алгоритма Colocated Cokriging при прогнозе свойств пород в межскважинном пространстве.

9. Составители программы

Токарев М.Ю. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, вед.научный сотрудник, канд. техн. наук (Курс "Полевая сейсморазведка").

Гайнанов В.Г. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, профессор, докт. техн. наук (Курс "Обработка сейсмических данных и построение сейсмических изображений").

Жуков А.П. – кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, профессор, докт. техн. наук (Курс "Полевая сейсморазведка").

Коротков И.П. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, ассистент (Курс "Полевая сейсморазведка").

Никишин А.М. – зав. кафедрой Региональной геологии и истории Земли геологического факультета МГУ, профессор, докт. геол.-мин. наук (Курс "Основы структурной геологии и геологического картирования. Углеводородные системы").

Полудеткина Е.Н. – кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ, снс, канд. геол.-мин. наук (Курс "Основы структурной геологии и геологического картирования. Углеводородные системы").

Шалаева Н.В. - кафедра сейсмометрии и геоакустики геологического факультета МГУ, доцент, канд. физ.-мат. наук (Курс "Амплитудный анализ сейсмических данных").