

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

и.о. декана Геологического факультета

чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Ерёмин/

« ____ » _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Тектоническая интерпретация сейсмических данных

Автор-составитель: Корбутяк А.Н.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Геотектоника и геодинамика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № _____, _____)

Москва

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

Год (годы) приема на обучение: 2022

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Цель: формирование у студентов геологических специальностей навыка анализа сейсмических материалов в областях со сложной тектоникой. Отработка практических навыков творческого приложения знаний, полученных в курсах фундаментальных дисциплин («Структурная геология», «Тектонофизика», «Геотектоника» и др.) для анализа регионального сейсмического материала и реконструкции глубинного строения территорий на основании сейсмического материала.

Задачи: знакомство с принципами, подходами и технологиями тектонической интерпретации сейсмических материалов для областей сложного строения; выработка навыков структурного анализа данных геофизики; комплексирования сейсмических данных с материалами иных методов геологических исследований (дистанционными, тектонофизического моделирования и др.) для разработки геодинамической модели развития территории.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Данный учебный курс специализируется на формировании у студентов геологических специальностей навыков анализа сейсмических данных областей со сложной тектоникой. Формулируются методические приемы диагностики в волновом поле тектонических нарушений различной морфологии и кинематики, а также образуемых ими структурных рисунков. Рассматриваются подходы к реконструкции на основе 2D и 3D сейсмических данных трехмерного разломного каркаса блоков земной коры.

Тектонический анализ сейсмических данных основывается на выделении в сейсмическом поле устойчивых сочетаний разрывных и пликативных структурных форм, характерных для различных кинематических ситуаций. Рассматриваются примеры сейсмических данных, характерные для ряда геодинамических обстановок: зон сдвига, сжатия, растяжения, транспрессии и транстенсии. Подробно разбираются «сейсмический рисунок» платформенных областей, пассивных окраин, зон крупных континентальных сдвигов, предгорных прогибов, внутренних зон складчатых поясов. Курс базируется на знаниях по структурной геологии, общей и региональной геотектоники, тектонофизики; построен с учетом уже полученных навыков по геологической интерпретации сейсмических данных. Планом курса предусмотрены самостоятельные занятия студентов под руководством преподавателя по тектонической интерпретации сейсмических профилей.

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

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «Структурная геология и геологическое картирование», «Геотектоника», «Тектонофизика», «Геология России», «Региональная геотектоника».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
СПК-2.М (1) Владеет системным подходом к изучению новейших тектонических движений, способен строить карты	М.СПК-2 (1). И-1 Использует комплексные методы построения карт новейшей и	<i>знать:</i> критерии выделения разрывных нарушений на сейсмических материалах, геологические основы особенностей выражения в сейсмическом поле разрывных нарушений, формирующихся

<p>новейшей и современной активности, использовать ранговый подход в решении задач прогнозирования природных геокатастроф</p>	<p>современной активности при изучении новейших тектонических движений и при решении задач связанных с изучением природных катастроф</p>	<p>в разнотипных элементарных геодинамических обстановках; основы парагенетического подхода к интерпретации выделенных разрывных и пликативных дислокаций; сочетания разрывных и пликативных структур, характерные для тех или иных тектонических обстановок; уметь: диагностировать основные сейсмогеологические признаки разрывных нарушений, различать кинематические и динамические признаки разломов, учитывать проявление в сейсмическом облике тектонических объектов таких условий, как: неоднородность деформации геологической среды, реологическая неоднородность разреза, многоэтапность деформации и др.; диагностировать проявления в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок – транспрессии и транстенсии</p>
<p>СПК-3.М (1) Способен реконструировать кинематику и динамику формирования структур земной коры, определять и реконструировать структурные парагенезы, сформировавшиеся в различных геодинамических обстановках</p>	<p>М.СПК-3 (1). И-1 Использует и применяет знания и навыки в области геотектоники, геодинамики и тектонофизики при реконструкции кинематики и динамики формирования структур земной коры, при изучении структурных парагенезов, сформировавшихся в разных геодинамических обстановках</p>	<p>владеть: навыками прослеживания разрывные нарушения на сейсмических профилях; навыками парагенетического подхода к рисовке и анализу разломного рисунка на сейсмических профилях; навыками формулирования предположений о тектонической обстановке образования наблюдаемого сочетания разрывных и пликативных структур; навыками работы с основными современными сейсмическими пакетами.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 1 з.е., в том числе 28 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (лекции и семинары), 8 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Введение. Задачи и содержание курса.	5	1		1	2			3		3
Раздел 2. Зоны сдвига.	8	4		4	8					
Раздел 3. Зоны растяжения.	4	2		2	4					
Раздел 4. Зоны сжатия.	5	2		2	4	1				1
Раздел 5. Зоны трансрессии и трансенсии. Комплексирование методов для решения тектонических задач.	12	4		4	8	3			1	4
Промежуточная аттестация <i>зачет</i>	2			2						
Итого	36			28				8		

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Введение. Задачи и содержание курса.

Основы сейсморазведки. Виды съемок (2D-, 3D). Современные возможности создания структурных моделей блоков земной коры на основе сейсмических данных. Содержание и стадийность процесса сейсмогеологического моделирования. Примеры интерпретации 3D данных. Основы структурно-парагенетического метода. Исходные данные: 2D и 3D материалы, различия в их информативности, детальности, отличия в подходах к их обработке и достоверности получаемых геологических моделей. Программное обеспечение для трехмерной визуализации геологических моделей. Архитектура сейсмических 3D проектов: основы геологического анализа сейсмических материалов. Базовые понятия геологической интерпретации сейсмических данных.

Раздел 2. Зоны сдвига.

Зоны сдвига: виды, способы формирования, характерные особенности. Типичный структурный облик. Примеры выделения на сейсмических материалах (профили, слайсы, структурные карты). Признаки сдвиговых деформаций. «Цветковые» структуры на сейсмических профилях, их происхождение, типы, положение в разрезе. Сдвиговые дуплексы. Тектонофизические модели сдвига и трехмерный сейсмический облик сдвиговой структуры. Парагенетический подход к тектонической реконструкции зон крупных континентальных сдвигов. Особенности волнового облика различных элементов сдвигового парагенеза. Эволюция сдвиговых зон по материалам сеймики и тектонофизического моделирования. Особенности формирования сдвига в реологически неоднородной среде. Определение морфологии поверхности фундамента и его структуры по сейсмическим данным. Роль фундамента в локализации и облике структур чехла.

Сейсмогеологическое моделирование сдвиговых зон. Континентальные сдвиговые зоны по данным 2D и 3D сеймики. Методические приемы реконструкции сдвиговых зон по 2D данным. Примеры сдвиговых парагенезов в 3D кубах. Роль сдвигов в формировании структурных объектов – потенциальных ловушек углеводородов.

Подходы к анализу и прогнозу проницаемости разрывных нарушений в областях сдвиговой тектоники. Примеры проводимости разломов на месторождениях УВ сдвиговой тектонической природы.

Раздел 3. Зоны растяжения.

Структурно-парагенетические признаки наличия обстановки растяжения. Соль с точки зрения сейсморазведки. Трудности интерпретации (сейсмическая тень, вертикальный и отрицательный наклон границ, скоростные аномалии). Соляная тектоника и галокинез. Триггеры галокинеза. Стадии формирования соляного диапира согласно модели F. Trusheim. Модель эволюции межкупольного пространства согласно Arbenz J.K. Выделение тектонических стадий роста соляного купола по характеру строения осадочного заполнения межкупольных минибассейнов. Модель формирования структуры типа «черепашья спина».

Раздел 4. Зоны сжатия.

Структурные элементы сейсмического облика области конвергенции: взбросы, надвиги, послонные срывы, зоны микститов, ремповые складки и т.п.; их закономерные сочетания, диагностика в сейсмическом изображении. Надвиговые дуплексы, развитие различных типов дуплексных систем по сейсмическим данным. Методика диагностики надвиговых структур на сейсмических разрезах; различные типы надвигов и их диагностика в сейсмическом изображении. Анализ структур по 2D и 3D сейсмическим данным в контексте геодинамического анализа региона. Тектонические микститы их признаки и роль в расшифровке структуры.

Особенности и проблемы прогноза и поиска месторождений УВ в областях надвигового строения. Примеры интерпретации сейсмического материала по

месторождениям УВ в областях надвигового строения различного типа и времени формирования.

Раздел 5. Зоны трансрессии и трансенсии. Комплексирование методов для решения тектонических задач.

Структурно-парагенетические признаки наличия сложных геодинамических обстановок сдвига-сжатия и сдвига-растяжения. Сейсмический облик характерных черт трансрессии и трансенсии. Рассмотрение примеров геологической интерпретации областей сложных геодинамических обстановок: зон трансрессии и трансенсии. Выделение тектонических объектов, благоприятных для улавливания и сохранности углеводородов.

Принципы и технологии комплексирования сейсмических данных с материалами регионального тектонического анализа, данными дистанционного зондирования поверхности, результатами геолого-геоморфологического анализа и др. Применение опыта тектоно-физического моделирования сдвигов в интерпретации сейсмических данных.

План семинарских занятий:

1. Знакомство с ПП The Kingdom. Загрузка Seg-Y. Корреляция ОГ в сейсмическом проекте.
2. Выделение разрывных нарушений в своем сейсмическом проекте.
3. Построение 3х-мерного разрывного каркаса в своем сейсмическом проекте.
4. Построение структурных поверхностей, атрибутный анализ сейсмического куба.
5. Выделение тектонических объектов, благоприятных для улавливания и сохранности углеводородов.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при контрольных опросах и сдаче рефератов.

Примерный перечень вопросов для контрольных опросов:

1. Основы сейсмической корреляции.
2. Анализ кинематики разрывных нарушений на сейсмических разрезах.
3. Диагностика элементов сдвигового парагенеза на сейсмических данных.
4. Анализ соотношения седиментационных и тектонических процессов.
5. Методика комплексирования геологических и геофизических данных.
6. Признаки геодинамической обстановки сдвига по сейсмическим данным.
7. Признаки геодинамической обстановки сжатия по сейсмическим данным.
8. Признаки геодинамической обстановки растяжения по сейсмическим данным.
9. Признаки геодинамических обстановок трансрессии и трансенсии по сейсмическим данным.
10. Взаимодействию тектонического и седиментационного фактора при формировании осадочных бассейнов

Рекомендуемые темы докладов, рефератов:

1. Атрибутивный анализ сейсмических данных, его информативность для тектонической интерпретации.
2. Признаки надвиговых структур на сейсмических разрезах.
3. Признаки тектонической нарушенности разреза на сейсмических данных.
4. Сейсмические данные, основы их геологического анализа.

5. Подходы к выделению структурных объектов, перспективных для поисков УВ.
6. Геодинамический анализ региона, роль сейсмических данных.
7. Современные возможности компьютерного моделирования при решении геодинамических задач.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (зачет):

1. Критерии выделения разрывных нарушений на сейсмических материалах.
2. Различия кинематических и динамических признаков разломов.
3. Геологические основы особенностей выражения в сейсмическом поле разрывных нарушений, формирующихся в разнотипных элементарных геодинамических обстановках.
4. Специфика проявлений в сейсмическом облике тектонических объектов неоднородности деформации геологической среды.
5. Основы парагенетического подхода к интерпретации выделенных разрывных и пликативных дислокаций.
6. Сочетания разрывных и пликативных структур, характерные для тех или иных тектонических обстановок.
7. Специфика проявлений в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок – транспрессии.
8. Специфика проявлений в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок – транстенсии.
9. Сейсмический разрез надвиговых структур.
10. Особенности интерпретации данных в сложнодислоцированных комплексах.
11. Признаки геодинамической обстановки сжатия по сейсмическим данным.
12. Признаки геодинамической обстановки растяжения по сейсмическим данным.
13. Особенности анализа геологической обстановки при 2D моделировании.
14. Особенности анализа геологической обстановки при 3D моделировании.
15. Соляная тектоника на сейсмо- профилях.
16. Методика реконструкции сдвиговых зон на профилях.
17. Принципы работы с первичными сейсмическими данными.
18. Методы комплексирования сейсмических данных с материалами регионального тектонического анализа.
19. Специфика проявлений в сейсмическом облике тектонических объектов геологической неоднородности разреза.
20. Специфика проявлений в сейсмическом облике тектонических объектов многоэтапности деформации.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (устный опрос) геологические основы особенностей выражения в сейсмическом поле разрывных нарушений, формирующихся в разнотипных элементарных	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания

геодинамических обстановках; основы парагенетического подхода к интерпретации выделенных разрывных и пликативных дислокаций		
Умения (<i>устный опрос</i>): диагностировать основные сейсмогеологические признаки разрывных нарушений, различать кинематические и динамические признаки разломов, диагностировать проявления в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное умение диагностировать разрывные нарушения, а также проявления в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок
Владение (<i>устный опрос</i>) навыками прослеживания разрывные нарушения на сейсмических профилях; навыками парагенетического подхода к рисовке и анализу разломного рисунка; навыками формулирования предположений о тектонической обстановке образования наблюдаемого сочетания разрывных и пликативных структур; навыками работы с основными современными сейсмическими пакетами.	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Владение навыками прослеживания разрывных нарушений, парагенетический подход к рисовке и анализу разломного рисунка, навыками формулирования предположений о тектонической обстановке образования структур

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Пейтон Ч. Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир. В 2х т. 1982. Т.1 374 с, т.2. 486 с. – *кафедральный фонд*
2. Сейсмическая стратиграфия. Под ред. Ч.Пейтона. В 2-х частях. Изд-во «Мир», Москва, 1982, с.841. – *кафедральный фонд*
3. Урупов А.К. Основы трехмерной сейсморазведки. М: ФГУП Издательство "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. 584 с. – *кафедральный фонд*
4. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Том 2. Обработка и интерпретация данных. Пер. с англ. – М.: Мир, 1987, 400 с. – *кафедральный фонд*
5. Шлезингер А.Е. Региональная сеймостратиграфия. – М.: Научный мир, 1998. – 144 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 512) – *кафедральный фонд*

- дополнительная литература:

1. **Алаеи Б.** Сейсмические атрибуты и их использование в сейсмической интерпретации. Учебный курс. М.: 2013.
2. Ампилов Ю.П. Сейсмическая интерпретация: опыт и проблемы. М.: Изд-во "Геоинформмарк", 2004.
3. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. Учеб.для вузов. Тверь: изд-во АИС, 2006. 744 с.
4. Бондарев В.И. Сейсморазведка. Екатеринбург: изд-во УГГУ. 2007. 697 с.
5. Воскресенский Ю.Н. Построение сейсмических изображений. М.: РГУ нефти и газа, 2006. 116 с.
6. Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Разломы (морфология, геометрия и кинематика). Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. 148 с.
7. Стоянов С. Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра. 1977. 144 с.
8. Hatcher R. D. Structural Geology. Prentice Hall.1995. 525 с.
9. Interpretation of three-dimensional seismic data. Fifth edition. Alistair R. Brown. AAPG memoir 42, SEG Investigation in geophysics, No 9. Tulsa, Oklahoma, USA. 1999. P. 514.
10. Brown A.R. Interpretation of three-dimensional seismic data. 5th edition. AAPG Memoir 42, Tulsa, Oklahoma. 1999. P. 514.

Б) Перечень программного обеспечения:

- лицензионное

нет

- нелицензионное и свободного доступа

пакет программ Open Office, GIS-система Gplate 3.1., Gmap-2015

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

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

- Google Earth Pro

Г) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- программные пакеты The Kingdom, Petrel, SeiSee.

Д) Материально-техническое обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Корбутяк А.Н. (сотрудник каф.динамической геологии), преподаватели: Корбутяк А.Н.

11. Разработчики программы: нс Корбутяк А.Н.